

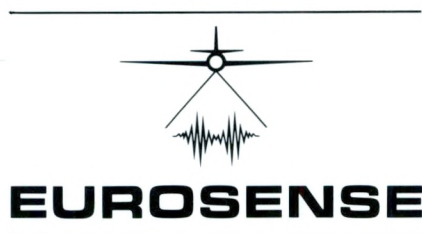
**ADMINISTRATIE WATERINFRASTRUCTUUR
EN ZEEWEZEN
DIENST DER KUSTHAVENS**



**NATUURRESERVAAT
''HET ZWIN''**

EVOLUTIE TOT MAART 1991

Morfologie, hydrodynamica en sedimentologie



**ADMINISTRATIE WATERINFRASTRUCTUUR
EN ZEEWEZEN**
DIENST DER KUSTHAVENS

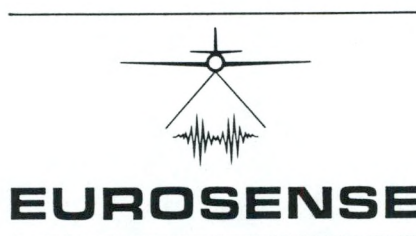


249302

**NATUURRESERVAAT
''HET ZWIN''**

EVOLUTIE TOT MAART 1991

Morfologie, hydrodynamica en sedimentologie





NATUURRESERVAAT "HET ZWIN"

Evolutie tot maart 1991

Morfologie, hydrodynamica en sedimentologie

Inhoudstafel

1. Inleiding en achtergrond van de Zwinproblematiek.....	1
2. Evolutie van de morfologie van het natuurreservaat "Het Zwin" tussen de opnames van 1987 en 1989	4
2.1. Inleiding	4
2.2. De differentiële hoogtekkaart van het Zwin : methodologie	4
2.3. Bespreking van de differentiële hoogtekkaart 1987 - 1989.....	5
2.4. Besluit.....	9
3. Meting van hydrodynamische en sedimentologische parameters van de Zwingel : de meetcampagne van 19 maart 1991	11
3.1. Inleiding	11
3.2. Opzet van de metingen.....	12
Snelheids- en sedimentconcentratie metingen vanaf een meetvlet.....	12
Snelheids- en concentratie metingen vanaf een sta- ketsel	14
Verrichting van de metingen en analyse van de stalen.....	16
3.3. Uitvoering van de meetcampagne.....	18
Datum en posities	18
Analyse van de stalen.....	20
Bezinkingsflessen.....	21
3.4. Verwerkingswijze van de meetgegevens.....	23
Verwerking van de stroomsnelheidsmetingen.....	23
Verwerking van de sedimentconcentratie metingen.....	23
Grafische voorstelling van de snelheids- en concen- tratie metingen per dwarsraai.....	24
Berekening van debiet en sedimenttransport.....	25
Verwerking van de metingen met bodemtransport-be- monsteringsflessen.....	26
3.5. Meetresultaten van de meetcampagne van 19 maart 1991 in de Zwingel.....	26
3.5.1. Waargenomen getij in de Zwingel.....	26
3.5.2. Resultaten van de stroomsnelheids- en suspensie- concentratie metingen.....	26
3.5.3. Grafische voorstelling van de meetresultaten per meetraai.....	28
3.5.4. Debiet en sedimenttransport in de Zwingel.....	29
3.5.5. Het geïntegreerd bodemtransport.....	30
3.6. Samenvatting en besluit	32



1. INLEIDING EN ACHTERGROND VAN DE ZWINPROBLEMATIEK

Dit rapport beschrijft de differentiële hoogtekaart 1987-1989 op schaal 1/3.000 van het Zwingebied en de hydrodynamische en sedimentologische metingen van de Zvingeul die werden verricht in een meetcampagne op 19 maart 1991. De kartering en de meetcampagne kaderen in de opvolging van morfologie, hydrodynamica en sedimentologie van het Zwingebied naar aanleiding van de zich de laatste jaren akuter stellende verzandingsproblematiek.

Sinds verschillende decennia verlegt de monding van de Zvingeul zich o.i.v. natuurlijke zandtransportprocessen in oostelijke richting. Hierbij hebben zich vanuit het westen twee schoorwallen of strandwallen ontwikkeld op het droogstrand. Deze zandlichamen, die grotendeels gevormd worden onder invloed van het eolisch zandtransport, dat resulterend naar het oosten gericht is, hebben de neiging verder aan te groeien naar het oosten. Beide strandwallen worden aangesneden door de Zvingeul. Doordat de geul steeds weer naar het oosten gedrongen wordt, worden de duinen aan de Nederlandse zijde telkenmale bedreigd door duinafslag. Herhaalde malen diende de loop van de geul kunstmatig te worden verlegd in de richting van het Belgisch grondgebied.

Toch is het van groot belang dat de instroming van zeewater bij hoogwater wordt gevrijwaard. De Zvingeul fungeert immers als inlaat voor de bevoeiing door zeewater van de binnengaats gelegen Zwinvlakte. In deze vlakte, die aan de landwaartse zijde door de zgn. Internationale Dijk is omzoomd, is het internationaal vermaarde natuurreservaat "Het Zwin" gelegen. De Zvingeul, die grotendeels op Nederlands grondgebied loopt, waarborgt de verbinding tussen het ca. 150 ha grote natuurreservaat en de zee. Deze geul heeft een kronkelig verloop doorheen het natuurgebied, met talrijke vertakkingen die uitmonden in permanente of tijdelijke plassen. De Zwinvlakte vertoont bijgevolg een gevarieerd patroon van slikken, schorren en lage duintjes. Deze

afwisseling, in samenhang met de getijdenwerking, uit zich in een gevarieerd begroeiingspatroon met voornamelijk zoutminnende planten, waaraan Het Zwin zijn internationale bekendheid als natuur- en vogelreservaat te danken heeft.

Sinds enige jaren komt het gebied evenwel steeds meer in de aktualiteit door het probleem van de verzanding. Deze verzanding heeft een verandering tot gevolg van de bodemgesteldheid in grote delen van het reservaat. Door verhoogde zandsedimentatie worden voedselrijke slikgronden overdekt door zandafzettingen met dreigende ingrijpende gevolgen op de vegetatie en de vogelstand.

Ten behoeve van het overleg in de Technische Werkgroep van de Internationale Zwinkommissie, werden in opdracht van de Dienst der Kusthavens topografische en vegetatiekarteringen van het gebied uitgevoerd. Aldus vormt de in 1987 opgestelde Zwinvegetatiekaart een belangrijke referentietoestand, in het licht van de beheersmaatregelen, die op advies van de Technische Werkgroep werden uitgevoerd om het schorrekarakter en de regelmatige bevoeiing van de Zwinvlakte te behouden. De na 1987 uitgevoerde karteringen laten een objectieve opvolging en evaluatie toe van de evolutie van het Zwingebied.

De beheersmaatregelen, die op advies van de Technische Werkgroep werden uitgevoerd in 1989 en 1990, voorzagen in de volgende ingrepen : de monding van de Zwingeuil op Nederlands grondgebied werd volledig gedicht en de monding werd verlegd in de richting van het Belgisch grondgebied en uitgediept; het droogstrand en de duinen aan de Nederlandse zijde (strandsekties 74 en 75) werden heraangelegd en herbeplant; in de Zwingeuil, landinwaarts van de duinenrij, werd een proefzandvang gegraven. Deze werken hadden tot doel de bevoeiing van de Zwinvlakte te verbeteren en verdere erosie aan het droogstrand en de duinen langs de Nederlandse zijde te voorkomen. De werken werden aangevat in oktober 1989 en waren beëindigd op 2 februari 1990. Na afwerking werden rijshouthagen aangeplant op de herstelde duinen aan de Nederlandse zijde en ook op het droogstrand en aan de duinvoet in de sekties 72 en 73.

In verband met de verzandingsproblematiek van het Zwin, werd door de Dienst der Kusthavens tevens besloten een proef uit te voeren met onderwaterschermen in kunststof. Zulke schermen werden in het najaar van 1990

aangebracht op de vooroever van sectie 72. De bedoeling van deze proef-inplanting is om het zandtransport op de vooroever te verminderen.

Bovendien werden aan de Nederlandse zijde belangrijke infrastructuurwerken uitgevoerd in en nabij het Zwingebied. In de periode najaar 1990-voorjaar 1991 werd de Internationale Dijk op Nederlands grondgebied, die nog niet op Delta-hoogte was gebracht, verzwaaard. In het gedeelte zeewaarts van de camping "Zwinhoeve", dat het meest direkt aan golfinslag blootstaat, werd een nieuwe dijk in basaltblokken aangebracht (zie foto 1.A). Voor het overige gedeelte van de Internationale Dijk werd een verzwaring met zand uitgevoerd. Voor de winning van het benodigde zand werd gebruik gemaakt van het materiaal, dat diende weggegraven in de Zwingeuul voor de vernieuwde aanleg van een zandvang (zie foto's 1.B en 1.C). Op het strand in de kustdelen "Zwingeuul" en "Cadzand-West" (Nederlands gedeelte Kievittepolder, tussen de Rijksgrens en de monding van het Uitwateringskanaal) werd bovendien in het najaar van 1990 een strandsuppletie uitgevoerd, waarbij het strandprofiel 1 à 2 m hoger werd aangelegd, en aan de duinvoet een reservevoorraad zand werd aangebracht.

Foto 2.A toont de herstelde duinen aan de Nederlandse zijde van de Zwingeuul, met de beplanting met rijshout en helm.

Na de beëindiging van de werken in het mondingsgebied van de Zwingeuul werd afslag genoteerd aan de duinen aan de Belgische zijde. Een kronkel van de geul verplaatste zich steeds meer naar het westen, en enkele tientallen meters duin vielen ten prooi aan erosie. Een metershoge erosiewand was het resultaat (zie foto 2.B). Deze kronkel van de Zwingeuul werd verlaten in de zomer van 1991. De morfologische evolutie in het mondingsgebied wordt verder opgevolgd en besproken in het kader van de aëroteledetektische opvolging van de morfologie van de Oostkust.



EUROSENSE



Foto 1.A.
De dijk aan Nederlandse zijde wordt vernieuwd en bekleed met basaltblokken.
(17 dec. 1990)



Foto 1.B.
Zwinvlakte, noordelijke zandvang. Het uitgegraven zand wordt aangewend voor de verzwaring van de Internationale Dijk op Nederlands grondgebied.
(17 dec. 1990)



Foto 1.C.
De verzwaring van de Internationale Dijk nadert voltooiing.
(13 maart 1991)



Foto 2.A. Nieuwe aanplantingen met rijshouthagen en helm op de herstelde duinen op Nederlands grondgebied.
(17 december 1990)



Foto 2.B.

Erosie bij hoogwater van de zeewerende duinen op Belgisch grondgebied.
(19 maart 1991)

2. EVOLUTIE VAN DE MORFOLOGIE VAN HET NATUURRESERVAAT "HET ZWIN" TUSSEN DE OPNAMES VAN 1987 EN 1989

2.1. INLEIDING

De verzandingsproblematiek van het natuurreservaat "Het Zwin" gaat samen met morfologische veranderingen in en nabij het natuurreservaat. Van nature kent een intergetijdengebied, zoals de vlakte van het Zwin, relatief belangrijke variaties in de morfologie in de loop van de tijd. Op de natuurlijke evolutie enten zich processen, die rechtstreeks of onrechtstreeks zijn toe te schrijven aan menselijk ingrijpen. Een voorbeeld van dergelijke ingrepen zijn de hierboven beschreven beheersmaatregelen, die in de loop van 1989 en 1990 werden uitgevoerd aan en nabij de Zwingeuil.

Teneinde het effect van de natuurlijke en door de mens aangebrachte of geïnduceerde morfologische veranderingen te evalueren, dienen de bevoegde overheden over objectieve instrumenten te beschikken. In dit verband werd een differentiële hoogtekaart geproduceerd, die toelaat de evolutie te bespreken tussen de d.m.v. aëroteledetectie uitgevoerde topografische karteringen van 1987 (meetvlucht van 18 april 1987) en 1989 (meetvlucht van 11 juni 1989). Deze kaart wordt in dit hoofdstuk besproken.

De verschilkaarten die de evolutie tot de meetvlucht van 29 juni 1991 voorstellen, zijn opgenomen in het synthesesrapport (referentie OOST 91.401), maar worden in het rapport OOST 91.403 besproken.

2.2. DE DIFFERENTIELE HOOGTEKAART VAN HET ZWIN : METHODOLOGIE

De wijze waarop de differentiële hoogtekaart van het natuurreservaat "Het Zwin" tot stand komt, verschilt niet wezenlijk van de productie van differentiële hoogtekaarten van het strand. Dergelijke kaarten worden geproduceerd ten

behoefte van de opvolging van de morfologie van het droogvallend strand en de duinaanzet.

Hieronder wordt beknopt de produktiewijze beschreven van de differentiële hoogtekaart van het Zwin.

Van de forward-motion gekompenseerde, grootschalige registraties op kleur-film, die bij de aëroteledetektische meetvlucht worden gemaakt, worden bij de fotogrammetrische verwerking hoogtelijnen en bijkomende hoogtepunten gedigitaliseerd. Op basis van deze hoogte-informatie wordt een digitaal terreinmodel (D.T.M.) opgesteld. Het D.T.M. is in wezen een digitale beschrijving van de hoogtegegevens van het bestudeerde gebied. Dit D.T.M. wordt geëvalueerd in een groot aantal punten, die de volledige studiezone met inbegrip van de Zwinvlakte omvatten.

Van de opnamen bij een tweede meetvlucht wordt een gelijkaardig D.T.M. opgesteld, dat in dezelfde punten wordt geëvalueerd. In alle punten wordt het hoogteverschil berekend (hoogte bij meetvlucht 2 - hoogte bij meetvlucht 1). De hoogteverschillen worden in een kaart op schaal 1/3.000 voorgesteld door kleuren volgens een legende van hoogteverschilklassen. Hierbij stemmen de rode kleuren overeen met erosie (afname in hoogte van het terrein tussen meetvlucht 1 en meetvlucht 2); aangroei (toename in hoogte) wordt voorgesteld in groen. Intensere groen- of roodtinten betekenen dat de mate van aangroei of erosie sterker is.

Voor de legende klassen werd geopteerd voor een klassebreedte van 0,25 m. Hierdoor kunnen de voornamelijk geringe hoogteverschillen in de Zwinvlakte het voorwerp uitmaken van de differentiële hoogtekaart. De grote hoogteverschillen (b.v. zones op het strand en in de duinen met meer dan een meter afslag) vallen dan ook telkens in de felst groene of rode klasse (hoogteverschil > 0,75 m).

2.3. BESPREKING VAN DE DIFFERENTIELE HOOGTEKAART 1987 - 1989

Bij het doornemen van deze bespreking dient men, naast de differentiële hoogtekaart 1987-1989, die bij dit rapport gevoegd is, tevens te refereren aan de vegetatiekaarten 1987 en 1989 van het natuurreservaat "Het Zwin". De bespreking volgt immers de geografische indeling van het gebied (en deze komt het best tot uiting op de vegetatiekaart) in relatie met de vegetatieklassen. Bovendien uiten subtiele verschillen in bodemgesteldheid en hoogte (en

dus overstromingsduur en -frequentie) zich in het ruimtelijk verschuiven en wijzigen van vegetatieklassen op het terrein. De theoretische relatie tussen terreinhoogte en vegetatietype wordt toegelicht in de rapporten bij de Zwinvegetatiekaart. De kwalitatief vastgestelde veranderingen vinden echter hun objectieve bevestiging in de differentiële hoogtekaart, die hieronder wordt besproken.

De hoogteverschillen op het strand zijn typisch verbonden met de verplaatsing van strandruggen en brekerbanken (zie langwerpige kleurzones, evenwijdig met de kustlijn). De dominerende processen van zandverplaatsing zijn het eolisch transport op het droogvallend strand en nabij de duinvoet, en het brandings- en getijtransport op het bij hoogwater overspoelde gedeelte van het strand. Zoals bijna overal langs de Belgische en Nederlandse Noordzeekust, is het resulterende langstransport gericht van zuidwest naar noordoost. Op de differentiële hoogtekaart 1987-1989 overweegt erosie op het strand in het westelijke gedeelte, en aangroei op het oostelijke gedeelte. Deze waarneming is op zich onvoldoende om te kunnen spreken van een morfologisch effect van het resulterende langstransport. Meerjarige observatie in dit gedeelte van de Belgische en Nederlandse kust wijst uit dat tenminste de hogere strandruggen (nabij de duinvoet) wel degelijk aangroeien in oostelijke richting.

De gordel van zeewerende duinen is op de differentiële hoogtekaart 1987-1989 te herkennen als een ca. 100 m brede strook, parallel met de kustlijn, van talrijke, kleine vlekjes met aangroei of afslag. Deze versnippering houdt verband met het gevarieerde reliëf van de duinen. De hoogte-evolutie laat zich evenwel samenvatten in enkele hoofdtendensen.

De zones waar rijshouthagen werden aangeplant, kennen bijna zonder uitzondering een toename in hoogte; rond de hagen zelf soms tot meer dan 0,75 m.

Het grootste gedeelte van de zeewerende duinen op Belgisch grondgebied is vrij toegankelijk voor het publiek. Betreding leidt vaak tot degradatie en zelfs afsterven van de aanwezige vegetatie. Uit de kartering van de zeewerende duinengordel, die op regelmatige basis wordt uitgevoerd, blijkt meermaals dat plaatsen, waar de vegetatie door deze of andere oorzaken achteruit gaat of verdwijnt, aan erosie ten gevolge van verstuiwing onderhevig zijn. Voor vele van de vlekjes met hoogte-afname (vaak van een meter of meer) op de differentiële hoogtekaart 1987-1989 ligt een dergelijke verstuiwing aan de basis

van de hoogte-afname. Bij de grotere erosiegebiedjes stelt men vrijwel stelsmatig een aangroeigebiedje vast ten zuiden of ten zuidoosten van het verstoven gedeelte. Hier werd het verstoven zand afgezet.

Aan het oostelijk uiteinde van de Belgische duinen domineert eveneens erosie. Ook hier ligt overbetreding waarschijnlijk aan de basis van de bodemverlaging.

In de duinen op Nederlands grondgebied is een belangrijke toename in hoogte geregistreerd. Dit gedeelte is grotendeels begroeid met een gesloten helmvegetatie en struweel. Het gebied is voor het grootste gedeelte ontoegankelijk. Men dient bij de evaluatie van de morfologische evolutie van dit gebied rekening te houden met de moeilijkheid, die aaneengesloten struweel betekent voor de fotogrammetrische operator.

Het westelijke uiteinde van de duinen op Nederlands grondgebied is het sterkst aan erosie onderhevige gebied van het kaartblad. De afslag bedraagt tot meer dan 6 m. Deze afslag staat in rechtstreeks verband met de verplaatsing van de Zwingeuil in haar mondingsgebied.

Sinds vele decennia heeft de monding van de Zwingeuil de neiging zich oostwaarts te verleggen, o.i.v. het langstransport dat zand aanvoert vanuit het westen. Vanuit de strandsekties op Belgisch grondgebied groeien één of twee strandwallen ("spits") naar het oosten. De monding van de geul wordt hierdoor naar het oosten gedrongen. Aldus ondermijnt de geul op den duur de duinen aan de Nederlandse zijde. Reeds herhaalde malen diende de loop van de monding d.m.v. graafwerken herlegd te worden in Belgische richting. Tussen de opnames van april 1987 en juni 1989 werd een dergelijke verlegging uitgevoerd in het najaar (november) van 1988. Men ziet hiervan het effect op de verschilkaart 1987-1989, in het mondingsgebied van de geul: de geul aan Nederlandse zijde werd toegelegd en de strandwal aan de Belgische zijde werd doorgegraven ongeveer ter hoogte van de rijksgrens. Inmiddels heeft een kronkel van de Zwingeuil zich alweer in Nederlandse richting verlegd.

Verdere ingrepen werden op advies van de Technische Werkgroep van de Internationale Zwincommissie genomen na de opname van 1989 (zie inleiding).

Binnen de Zwinvlakte is de meest opvallende verandering in de morfologie een stijging in hoogte, tot 0,50 m en zelfs meer, in het stelsel van meentjes en kreken in het zuidoostelijke gedeelte van de Zwinvlakte, en dit vooral op



Belgisch grondgebied. De in hoogte toegenomen zones stemmen vrijwel steeds overeen met kreekjes of zand- en slikplaten, zoals af te lezen is op de vegetatiekaart 1989. Zeker op deze plaats kan de hoogtetoename niet worden toegeschreven aan verschillen in het vegetatiedek. In dit zuidoostelijk gebied is de invloed op de morfologie van de zandaanvoer in het reservaat het duidelijkst zichtbaar. Een gelijkaardige konklusie is geldig voor de meeste zones met hoogtetoename binnen de Zwinvlakte op Nederlands grondgebied.

Buiten het zuidoostelijk gedeelte van de Zwinvlakte worden voor de slik- en zandplaten geen significante of systematische hoogteverschillen waargenomen.

In het Belgische gedeelte van de Zwinvlakte is een langwerpige zone met een toegenomen hoogte te vinden langsheen de centrale, west-oost verlopende geul, die in het reservaat het voor het publiek toegankelijke gedeelte scheidt van het niet toegankelijke gebied ten zuiden ervan. Deze langwerpige strook was zowel bij de vegetatiekartering van 1987 als van 1989 met planten bezet. Er werden op deze plaats geen werken uitgevoerd tussen beide opnames. Mogelijk was bij de opname van 1989 een bezetting met hoge planten aanwezig. Vooral de vloedmerken zijn met hoge planten bezet, en op deze plaats zijn de vloedmerken, o.i.v. hoge waterstanden, merkelijk landwaarts (van de geul weg) verschoven.

In dit verband dient nogmaals te worden gewezen op de invloed van het vegetatiedek. Hierbij zijn verschillen in fenologie (uitzicht en hoogte van de individuele plant in functie van het groeiseizoen) en toevallige omstandigheden (maaien, begrazen, legeren, ...) minstens even belangrijk als verschillen te wijten aan de plantesoort.

De meeste soorten zijn eenjarig, d.w.z. dat ze elke zomer opnieuw een maximale hoogte bereiken zonder netto aangroei. Obione of gewone zoutmelde is een doorlevende plant, die evenwel de hoogte van ca. 50 cm niet overtreft.

De invloed van soortenvariatie op de waargenomen hoogte van het terrein is niet al te groot, zoals blijkt uit de onderstaande tabel, waarin de gemiddelde hoogte is vermeld die typische Zwinplanten halen. Alleen de slechts lokaal voorkomende soorten zoals Engels slijkgras of strand- en spiesbladmelde steken boven het gemiddelde uit. Het zijn precies de laatste twee soorten die op de vloedmerken van de centrale, west-oost lopende geul in 1989 nogal gevonden werden.

Soort	Hoogte
Zeekraal	10 - 40 cm
Klein schorrekruid	10 - 50
Engels slijkgras	20 - 100
Kweldergras	10 - 50*
Gewone zoutmelde	20 - 50
Lamsoor	15 - 40
Zeeaster	20 - 50
Strandkweek	30 - 100**
Strand- en spiesbladmelde	30 - 90

Tabel 2.1. Gemiddelde hoogte die enkele frekwente soorten van de Zwinvlakte bereiken.

*In het natuurreservaat wordt kweldergras sterk begraasd door ganzen en konijnen; de maximum hoogte wordt meestal niet bereikt.

**De hoogte van strandkweek is dikwijls lager als gevolg van plat-treden of maaien.

2.4. BESLUIT

De differentiële hoogtekaart 1987-1989 van het Zwingebied vormt een objectief instrument voor de opvolging van hoogteverschillen die optraden tussen de opnamedata (18 april 1987 en 11 juni 1989).

De grootste hoogteverschillen situeren zich op het strand, in de zeewerende duinen en vooral in het mondingsgebied van de Zwingel. De hoogteverschillen zijn zowel te wijten aan natuurlijke processen van erosie en sedimentatie, als aan invloeden van de mens (het verleggen van de monding van de geul in Belgische richting, overbetreding met als gevolg verstuing van het duin, ...).

Binnen de Zwinvlakte zijn de hoogteverschillen uiteraard minder uitgesproken en meestal kleiner dan 0,50 m. Bij de interpretatie van de verschillen dient rekening te worden gehouden met de invloed van eventuele verschillen in de dikte van het vegetatiedek. De waargenomen hoogtetoeename in het zuidoostelijk gedeelte van de Zwinvlakte is onafhankelijk van een vegetatiebezetting;



het zijn gebieden met kreken, zandplaten en slikplaten. De hoogtetoeename wordt geïnterpreteerd als een morfologisch effect van de verzanding van het gebied. Deze bedraagt hier in de observatieperiode vaak meer dan 0,25 m en lokaal zelfs meer dan 0,50 m.

In het licht van de verzandingsproblematiek en de uitgevoerde en in studie zijnde maatregelen om hieraan te verhelpen, vormt de eerste gedetailleerde kartering van 1987 een referentie-opname. M.b.v. recentere opnames en differentiële hoogtekarten kan de invloed van de inmiddels uitgevoerde beheersmaatregelen nauwlettend worden gevolgd.



3. METING VAN HYDRODYNAMISCHE EN SEDIMENTOLOGISCHE PARAMETERS VAN DE ZWINGEUL : DE MEETCAMPAGNE VAN 19 MAART 1991

3.1. INLEIDING

Op 19 maart 1991 werden volgens twee raaien loodrecht op de Zwingeul sediment- en watersnelheidsmetingen uitgevoerd. Het doel van deze metingen was gegevens te verzamelen, die kunnen bijdragen tot een beter begrip van de hydrodynamische en sedimentologische situatie van deze getijdengeul, in relatie tot de bepaling van het sedimenttransport in verschillende fasen van het getij. Er werden op diverse meetpunten gelijktijdig stroomsnelheidsmetingen, metingen van de waterhoogte en metingen van de suspensiekoncentratie in de waterkolom uitgevoerd. Op verschillende tijdstippen in het getij werd aldus vrijwel simultaan informatie over een volledige dwarsraai ingewonnen. Uit de metingen blijkt duidelijk de relatie tussen sedimenttransport en getijhoogte. Aangezien bij laagwater vrijwel geen water- en sedimentbewegingen optreden, werden de metingen toegespitst op de binnenkomende vloed en hoogwater.

De metingen werden gelijktijdig uitgevoerd op verschillende meetvertikalen, grotendeels op de wijze zoals beschreven in het rapport "Evaluatiestudie 'Stabilisatie van het onderwaterstrand d.m.v. verticale kunststofdoeken'. Knokke-Zoute en Zwin. Beginsituatie Voorjaar 1990" (ref. SCHERMEN 91.001)).

Het terreinwerk in het kader van de Zwinproblematiek behelsde ook het nemen van bijkomende meetpunten m.b.v. een topografische meetploeg. Deze werden genomen ten tijde van de meetvlucht t.b.v. de Zwintopografie en verwerkt in de topografische basiskaart.

In dit rapport wordt de opzet beschreven van de metingen, uitgevoerd in de campagne van 19 maart 1991, de wijze waarop de metingen werden verwerkt, en tenslotte volgt een bespreking van de meetresultaten.

3.2. OPZET VAN DE METINGEN

De metingen uitgevoerd in de Zwingeuil hadden betrekking op de volgende parameters :

- het topografisch profiel ter hoogte van de meetraaien ("raai Noord" en "raai Zuid", zie fig. 3.1);
- de waterhoogte in functie van de tijd, ter hoogte van de beide meetraaien;
- de verdeling van de stroomsnelheid op welbepaalde tijdstippen in de meetraaien;
- de verdeling van de suspensiekoncentratie op dezelfde tijdstippen in de meetraaien;
- het geïntegreerd land- en zeewaarts bodemtransport op enkele welbepaalde punten in de genoemde meetraaien.

De topografische profielen werden ingemeten tijdens het laagwater dat de andere metingen vooraf ging. De waterhoogte werd bepaald d.m.v. tijbaken. Alle topografische informatie werd opgemeten en verwerkt in het nationale Lambert '72 ruitennet en de hoogten zijn weergegeven t.o.v. Z van Bruggen en Wegen¹.

Voor het meten van de snelheids- en sedimentkoncentratieverdeling over de verticale, werd gebruik gemaakt van twee verschillende werkwijzen, namelijk vanaf een meetvlet en vanaf een staketsel. Bovendien werden er in zeer ondiep water bijkomende snelheidsmetingen uitgevoerd vanaf een draagbaar statief met een laboratoriummolen.

Snelheids- en sedimentkoncentratiemetingen vanaf een meetvlet

Voor de meetpunten die gelegen zijn in het midden van de Zwingeuil, waar bij hoogwater de grootste diepten worden genoteerd, worden de snelheids- en sedimentkoncentratiemetingen verricht vanaf een meetvlet. Omwille van de geringe diepgang dienen Zodiacs ingezet te worden. Op de Zodiacs is een balkkonstruktie gemonteerd met een lier en een kleine pomp. Op de meetlokatie en op het meettijdstip wordt d.m.v. de lier een gestroomlijnde ballast neergelaten, waaraan een Ott-stroomsnelheidsmeter en een afzuigmond (voor de waterbemonstering door de pompmethode) zijn bevestigd.

¹(hoogte t.o.v. Z) = (hoogte t.o.v. TAW) + 106 mm; (hoogte t.o.v. Z) = (hoogte t.o.v. NAP) + 2,45 m.

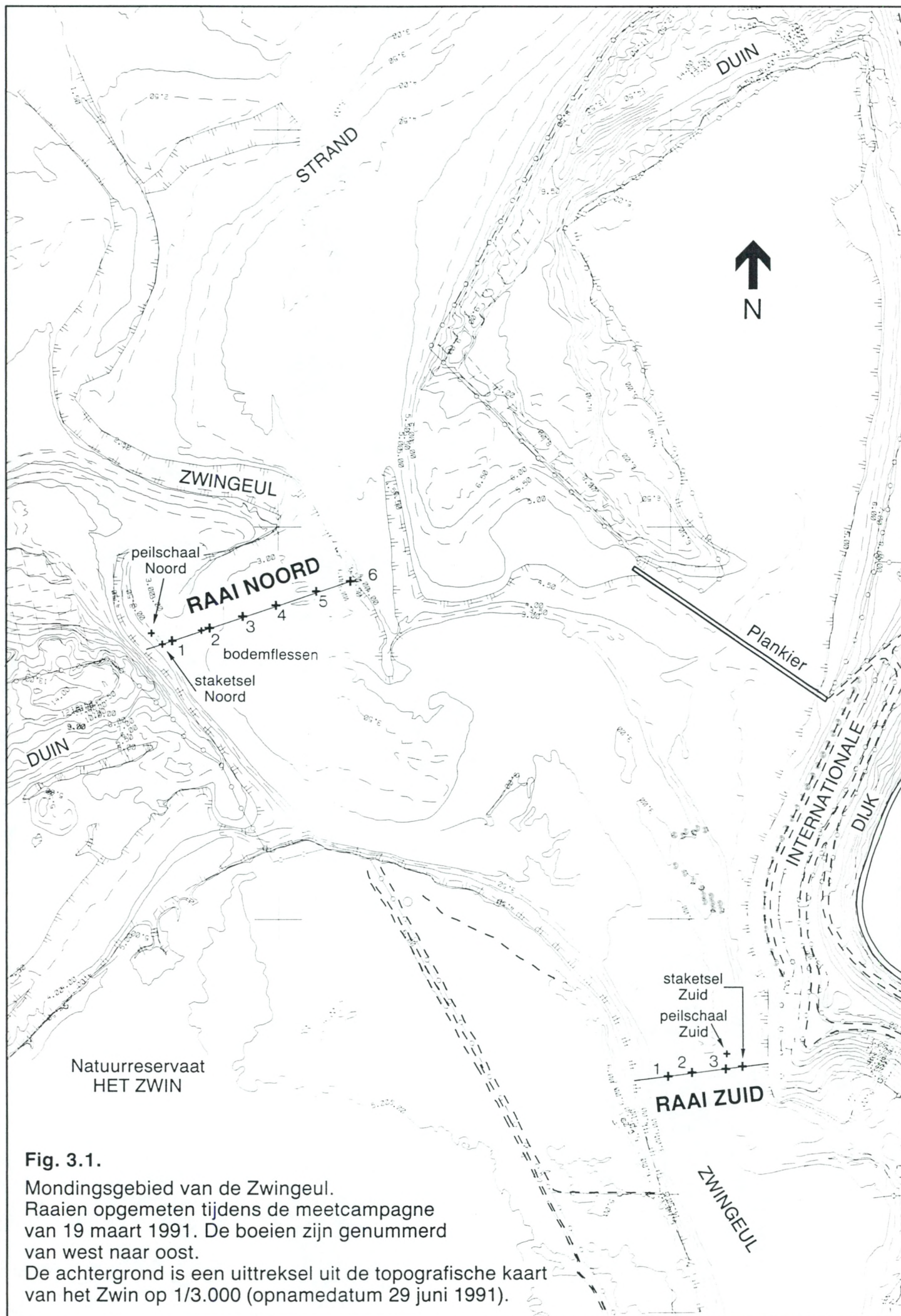


Fig. 3.1.

Mondingsgebied van de Zwingeel.
 Raaien opgemeten tijdens de meetcampagne
 van 19 maart 1991. De boeien zijn genummerd
 van west naar oost.

De achtergrond is een uittreksel uit de topografische kaart
 van het Zwin op 1/3.000 (opnamedatum 29 juni 1991).

De diameter van de aanzuigmond, de diameter van de leidingen en het vermogen van het bemonsteringspompje zijn zodanig gekozen dat een representatief watermonster wordt verkregen. De snelheid aan de zuigmond bedraagt ca. 40 cm/s, hetwelk een gemiddelde snelheid is voor de verwachte watersnelheden. In de leidingen daarentegen heerst een gemiddelde watersnelheid van ca. 160 cm/s, en dit teneinde sedimentatie te voorkomen. Gezien de lengte van de leiding en de gemiddelde snelheid in de leidingen dient ca. 25 seconden te worden gewacht na het aanzetten van de pomp vooraleer een representatief monster kan worden verkregen. De gebruikte pompmethode betreft een variante van de pompmethode die door Eurosense Belfotop N.V. werd ontworpen ten behoeve van de BEASAC hovercraft, en die in een onafhankelijk laboratorium in opdracht van Eurosense Belfotop N.V. werd vergeleken met andere bemonsteringstechnieken².

De snelheidsmeting en de waterbemonstering worden, indien er voldoende waterhoogte is, uitgevoerd op een zestal punten verdeeld over de verticale. Bij lagere waterstanden wordt een kleiner aantal punten gemeten. Vóór de meting over de verticale begint, wordt de hoogte van de waterkolom bepaald. De meetpunten worden zó verdeeld over de verticale, dat het onderste en het bovenste meetpunt niet minder dan 0,25 m boven de bodem en onder het wateroppervlak gelegen zijn. De verticale wordt opgemeten van onder naar boven. Het meetvlet legt zich vast aan een boei op de meetlokatie voor de duur van de snelheidsmeting en de waterbemonstering. Onmiddellijk na het beëindigen van een meetvertikale wordt een verticale opgemeten aan een volgende boei in de meetraai. Een meetvlet bedient maximaal 3 boeien.

Een formulier wordt ingevuld tijdens het meten van iedere verticale. Op elk formulier wordt het tijdstip van begin en einde van de meting genoteerd, evenals de waterdiepte. Het nummer van de Ott-molen en -schroef wordt telkens hernomen, op elk formulier. Op elk meetpunt op de verticale worden de volgende grootheden gemeten :

- de waterdiepte of hoogte boven de bodem.
- de watersnelheid zoals gemeten door de Ott-molen (d.w.z. het toerental en de tijd). De stroomsnelheidsmeting wordt meestal verricht met een ingestelde tijd van 30 s. Er worden steeds minimaal twee watersnelheidsmetin-

²"A comparative study of three methods for sediment transport measurements : the bottle sampler, the pump sampler, the XRB Van Dorn sampler" - R. Verhoeven, P. Verdonck, D. Fransaer, J. Van Rensbergen - Proceedings Workshop on Instrumentation for Hydraulics Laboratories, 16-18 August, 1989, p. 259

- gen verricht. Indien de tweede meting te sterk afwijkt van de eerste, wordt een derde en zo nodig een vierde meting verricht.
- het zwevend sedimenttransport. De waterbemonstering gebeurt met het pompje dat konstant blijft lopen gedurende de meting op de verticale. Voordat bij de eerste meting (dicht bij de bodem) een watermonster wordt genomen, wordt voldoende lang gepompt alvorens het eerste flesje wordt gevuld. Per meetpunt worden 2 watermonsters genomen van elk 1 liter. Op elk flesje wordt een identifikatienummer aangebracht. De flesjes worden per verticale bewaard.

Snelheids- en concentratiemetingen vanaf een staketsel

Voor de meetlokaties die vanaf de oever bereikbaar zijn, werd gebruik gemaakt van de ook reeds bij dertienuurs-meetcampagnes ingezette bemonsteringsframes, die verder worden aangeduid met de benaming "(bemonsterings)staketsel". Een principeschets van het bemonsteringsstaketsel vindt men in fig. 3.2. De bemonsteringsstaketsels worden nabij de meetlokatie gemonteerd en bij laagwater opgesteld.

Het bemonsteringsstaketsel is een metalen konstruktie met een aantal instrumenten en meetpunten ingebouwd voor het meten van de stroomsnelheid, de sedimentkoncentratie en van het bodemzandtransport. De bemonstering richt zich uiteraard op de onderste waterlagen, nabij de bodem, d.i. de onderste 1,5 meter.

De stroomsnelheid wordt gemeten op 37 en 125 cm boven de bodem. De stroommeters zijn van het type Ott, met schroef, en zijn draaibaar opgesteld. Er wordt gestreefd zoveel mogelijk Ott-molens en schroeven te gebruiken die een maximale watersnelheid van 1 m/s registreren bij 10 toeren per seconde. Hierdoor ligt de verwachte watersnelheid in het optimale bereik van de meetapparatuur (3 tot 8 toeren per sekonde). De signaalkabel van de Ott-molentjes is dermate bevestigd, via een interne buis in het staketsel, dat de snelheidsmeters verscheidene malen rond de centrale as kunnen draaien zonder gevaar voor vastklemmen van de snelheidsmeters. Vervolgens lopen de signaalkabels samen met aan de bodem verankerde gewapende-plastic afzuigleidingen, nodig voor de registratie van het zwevend sedimenttransport, naar een registratiepost op de oever, die zich ca. 15 meter van het staketsel verwijderd bevindt. De verschillende lengtes (aan de registratiepost) en kleurmarkeringen van de beide signaalkabels laten eenvoudig toe een on-



derscheid te maken tussen de beide meethoogtes voor wat de snelheidsmeting betreft. De registratiepost op de oever is voorzien van een pompgroep en uitlezingsdoosjes voor de Ott-molens. De staketsels worden evenwijdig aan de langsrichting van de geul geplaatst, zodat zij een minimale stromingsweerstand ondervinden.

De waterbemonstering geschiedt op 10, 25, 50, 100 en 150 cm boven de bodem door middel van de pompmethode. De afzuigmonden zijn loodrecht op de vloed- en eb-stromingsrichting (d.w.z. evenwijdig met de lokale as van de geul) opgesteld. Aan de wal zijn de verschillende zuigmonden gedifferentieerd door de verschillende kleur van de bevestigingstape aan de leidingen. Hiervoor geldt :

O =	geen kleur =	150 cm boven de bodem
B =	blauwe kleur =	100 cm boven de bodem
G =	groene kleur =	50 cm boven de bodem
W =	witte kleur =	25 cm boven de bodem
R =	rode kleur =	10 cm boven de bodem

De bemonstering gebeurt eveneens vanop de registratiepost op de oever. Een pompgroepje (bestaande uit een aggregaat van 5 identieke pompen aangesloten op 2 in parallel geschakelde 12 V-batterijen) is aangesloten op de afzuigleidingen. De oriëntatie en diameter van de aanzuigmonden op het staketsel, de diameter van de leidingen en het vermogen van het bemonsteringspompje zijn zodanig gekozen dat een representatief monster wordt verkregen. De snelheid aan de zuigmond bedraagt ca. 40 cm/s, hetwelk een gemiddelde snelheid is voor de verwachte watersnelheden op de respectievelijke hoogtes. In de leidingen daarentegen heerst een gemiddelde watersnelheid van ca. 160 cm/s, en dit teneinde sedimentatie te voorkomen. Gezien de lengte van de leiding en de gemiddelde snelheid in de leidingen dient ca. 40 seconden te worden gewacht na aanschakelen van de pompen vooraleer een representatief monster kan worden verkregen.

Op de poten van het staketsel zijn horizontaal bodemtransport-bemonsteringsflessen gemonteerd. De flessen zijn opgesteld evenwijdig met de as van de Zwinggeul. Eén fles heeft de instroomopening zeewaarts, de andere landwaarts. De flessen zijn dermate ontworpen dat met het water het bodemzandtransport ongehinderd kan binnenstromen alwaar het zand bezinkt, terwijl het

water terug uitstroomt. De flesopening heeft een stop, die bij het begin van de meetperiode verwijderd wordt, en teruggeplaatst bij het beëindigen van de meetperiode.

De meetfrequentie, waarbij aan de staketsels een meetprofiel over de verticale wordt opgenomen, bedraagt, afhankelijk van de lokatie en de meetomstandigheden, twintig minuten of een half uur.

Voor elke meetvertikale wordt een meetformulier ingevuld. Hierop wordt het tijdstip van begin en einde van de meting genoteerd. De volgende grootheden worden opgemeten :

- de watersnelheid zoals gemeten door de twee Ott-molens (d.w.z. het toerental en de tijd). De stroomsnelheidsmeting wordt in principe verricht met een ingestelde tijd van 30 seconden. Er worden steeds minimaal twee watersnelheidsmetingen verricht. Indien de tweede meting te sterk afwijkt van de eerste, wordt een derde en zo nodig een vierde meting verricht.
- het zwevend sedimenttransport. De waterbemonstering gebeurt met 5 pompjes die gelijktijdig op vijf verschillende hoogten op het staketsel afpompen. Er moet voldoende lang gepompt worden (minimum 40 seconden) alvorens de flesjes te vullen. Per staketsel worden 10 watermonsters (per pomp twee watermonsters) genomen van elk 1 liter. De tien flesjes bevinden zich in twee flessenbakken. Op elk flesje wordt een identifikatienummer aangebracht. De flesjes worden per verticale bewaard.

Verrichting van de metingen en analyse van de stalen

Zowel bij de metingen op de meetvletten als bij de metingen aan de staketsels wordt uiterste zorg besteed voor het bekomen van kwalitatief hoogwaardige metingen. Voor de snelheid worden per meetpunt twee uitlezingen verricht. Indien het aantal geregistreerde toeren zeer klein was, werd de tijdsduur van de meetcyclus, die gewoonlijk 30 seconden bedraagt, aangepast. Indien een groot verschil werd vastgesteld tussen de twee opeenvolgende uitlezingen, werd nog een derde of zelfs een vierde uitlezing verricht. Alle Ott-snelheidsmeters die werden gebruikt bij de meetcampagnes, werden vooraf geijkt in het Laboratorium voor Hydraulica van de R.U.G. Deze snelheidsmeters werden na de dertien-uurs-meetcampagne aan een nakontrolé onderworpen.

Ook voor de waterbemonstering werd zorgvuldig tewerk gegaan. Per meetpunt werden twee stalen van ongeveer 1 l genomen. Het opvangen van de

stalen aan het uiteinde van de pompleiding gebeurde pas nadat voldoende tijd was gepompt. Aldus is men zeker dat de genomen stalen afkomstig waren van de gewenste diepte. Het eerste staal werd in een sedimentologisch laboratorium geanalyseerd op het gehalte totaal sediment, verder genoemd de "(totale) sedimentconcentratie", het gehalte anorganische sedimentpartikels grover dan $63\ \mu\text{m}$, verder genoemd de "zandconcentratie", het gehalte aan sedimentpartikels fijner dan $63\ \mu\text{m}$, verder genoemd de "slibconcentratie", en het gehalte aan stof die totaal verbrandt op $550\ ^\circ\text{C}$, hierna genoemd de "concentratie organisch materiaal". De analyses gebeuren op dezelfde wijze als bij de stalen, die vroeger genomen werden voor de ijking van multispektrale digitale vliegtuigscannerbeelden van de kustwateren. Wanneer de analyseresultaten van een staal sterk afwijken van de overige stalen van eenzelfde verticale, dan werd ook het tweede controlestaal geanalyseerd. Week de analyse van het tweede staal sterk af van het eerste, maar sloot ze aan bij die van de omgevende stalen van dezelfde verticale, dan werden de analyseresultaten van het tweede staal als de korrekte beschouwd. Leverde de analyse van het tweede staal ongeveer dezelfde resultaten op als van het eerste staal, dan werd het gemiddelde van de concentraties berekend en dan werden deze gemiddelde waarden als het korrekte analyseresultaat beschouwd.

De bodemtransport-bemonsteringsflessen (hieronder ook "bezinkingsflessen" genoemd), gemonteerd op de poten van de bemonsteringsstaketsels, hebben een instroomopening op ongeveer 6 cm boven de bodem. Deze opening blijft toegankelijk tijdens de gehele duur van de meetperiode, en aldus wordt in de bezinkingsflessen een hoeveelheid materiaal opgevangen die representatief is voor de kumulatieve hoeveelheid bodemtransport in de richting naar de instroomopening toe, tijdens de duur van de meetperiode. Deze flessen worden op het einde van de meetcampagne opgehaald en naderhand wordt de inhoud aan opgevangen sediment bepaald. Deze inhoud wordt bekomen op basis van het gewicht, waarbij er wordt verondersteld dat het volumegewicht van het bodemsediment konstant is. Het opgevangen gewicht van het bodemtransport wordt berekend als het verschil tussen het gewicht van een met zuiver water gevuld recipiënt en het gewicht van datzelfde recipiënt gevuld met een gelijk volume van een mengeling van het opgevangen zand en water. Bovendien wordt het materiaal, opgevangen in de bezinkingsflessen, granulometrisch geanalyseerd.



3.3. UITVOERING VAN DE MEETCAMPAGNE

Datum en posities

De meetcampagne ter bepaling van de hydrodynamische en sedimentologische grootheden van de Zwingeuil had op 19 maart 1991 plaats³. De ligging van het gebied waar de meetcampagne plaatshad, is aangeduid in fig. 3.1.

De metingen werden uitgevoerd op twee dwarsraaien. De noordelijke raai werd gelegd waar de Zwingeuil doorheen de duinenrij snijdt. Bij hoogwater is de geul hier bijna 200 m breed. De zuidelijke raai werd genomen in een rechtlijnig stuk van de Zwingeuil, tussen de twee vijvertjes die in 1990 gegraven werden als zandvang en zandwinning voor de verzwaring van de Internationale Dijk. Bij hoogwater is de geul hier bijna 90 m breed.

De raai Noord werd door een topografische meetploeg opgemeten bij laagwater. Er werden zes kleine boeien aangebracht op ongeveer gelijke afstanden (zie foto 3.A). De boeien werden genummerd van west naar oost. Boeien 1, 2 en 3 markeerden de lokaties van de 3 westelijke meetvertikalen, die achtereenvolgens door een meetploeg in een Zodiac werden opgenomen. Boei 4 werd door een meetploeg in een tweede Zodiac opgenomen. De andere boeien bevonden zich in te ondiep water. Bij deze boeien werd, net voor en net na hoogwater, een aantal malen de stroomsnelheid gemeten met een kleine molen op een draagbaar vertikaal statief. De volledige raai werd op drie tijdstippen opgenomen : de eerste maal net voor hoogwater (stroming landwaarts), de tweede maal een kwartier na hoogwater (stroming nog steeds landwaarts) en een derde maal ongeveer een uur na hoogwater (stroming zeewaarts). Bovendien werd nabij de westelijke oever een meetstaketsel gestationeerd, waaraan om de vijfentwintig minuten een meting werd verricht vanaf het tijdstip dat de opzettende vloed de raai Noord had bereikt (14.00 u) tot ruim na hoogwater (16.45 u). Nabij de raai Noord werd tevens een tijbaak opgesteld, die om de vijf minuten werd afgelezen.

De raai Zuid werd eveneens door een topografische meetploeg opgemeten bij laagwater (zie foto 3.B). Hier werden drie kleine boeien aangebracht op ongeveer gelijke afstanden. De boeien werden genummerd van west naar oost. Op de lokaties van de drie boeien werden achtereenvolgens door een

³De tijdsaanduidingen met betrekking tot de meetcampagne zijn in lokale tijd. De meetcampagne gebeurde in de periode met wintertijd.



Foto 3.A. Meetcampagne 19 maart 1991. Lokatie Noord (mondingsgebied van de Zwingeu). 1 : tijbaak; 2 : staketsel Noord; N : raai Noord. Boeien markeren de meetvertikalen. Meertje op de achtergrond, rechts : de noordelijke zandvang. De foto is genomen bij laagwater van op de westelijke oever.

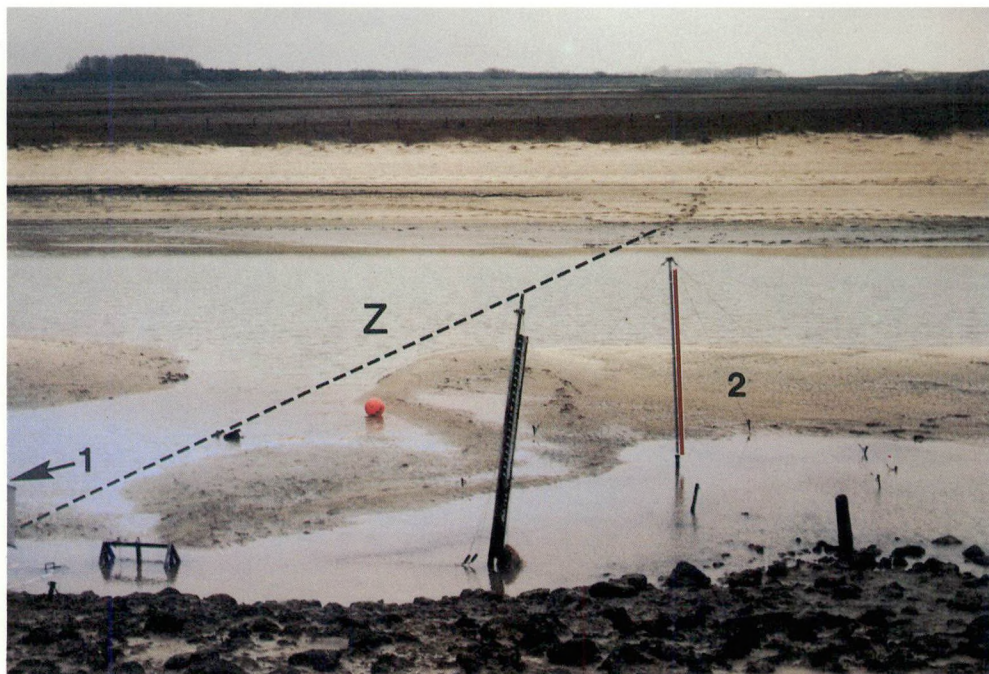


Foto 3.B. Meetcampagne 19 maart 1991. Lokatie Zuid. 1 : staketsel Zuid; 2 : tijbaak; Z : raai Zuid. Op de achtergrond : de Zwinvlakte. De foto is genomen bij laagwater van op de oostelijke oever.

meetploeg in een Zodiac meetvertikalen opgenomen. De raai werd op twee tijdstippen opgenomen : de eerste maal net voor hoogwater (stroming landwaarts) en de tweede maal ongeveer een half uur na hoogwater (bij zeer zwakke stroming die reeds zeewaarts gericht was). Bovendien werd nabij de oostelijke oever een meetstaketsel gestationeerd, waaraan om de vijftwintig minuten een meting werd verricht vanaf het tijdstip dat de binnenkomende vloed ten volle de raai Zuid had bereikt (14.35 u) tot ruim na hoogwater (16.20 u). Nabij de raai Zuid werd tevens een tijbaak opgesteld, die om de vijf minuten werd afgelezen.

De positie van de boeien, staketsels en tijbaken, voorgesteld in fig. 3.1, is tevens weergegeven in coördinaten in tabel 3.1, waarin ook de hoogte van de bodem is opgenomen.

Omstreeks 19 maart 1991 waren de verwachte waterstanden zoals weergegeven in tabel 3.2. Het was springtij op 19 maart zelf. De waargenomen waterstanden verschillen vanzelfsprekend lichtjes van de voorspellingen. De waterstanden, opgetekend tijdens de meetcampagne in de Zwingeuil, worden vermeld in het volgende hoofdstuk. Hieruit blijkt o.a. dat de waargenomen

raai	lokatie	X [m]	Y [m]	Z [m]	afstand langs de raai [m]
Noord	boei 1	80183,096	229177,306	2,332	30,1
	boei 2	80206,681	229185,489	2,315	55,0
	boei 3	80227,507	229192,894	2,736	77,1
	boei 4	80248,229	229200,204	3,536	99,1
	boei 5	80274,142	229208,683	4,154	126,4
	boei 6	80295,286	229215,250	4,211	148,5
	staketsel N	80176,946	229175,285	2,239	23,6
	peillat N	80170,395	229182,105	2,952	21,7
	bodemflessen	80203,969	229184,628	2,489	52,2
Zuid	boei 1	80497,377	228900,577	4,562	33,9
	boei 2	80510,546	228908,183	5,087	47,4
	boei 3	80534,882	228904,350	2,537	71,4
	staketsel Z	80545,105	228905,764	2,672	81,7
	peillat Z	80535,425	228913,154	2,994	72,7

Tabel 3.1. Meetcampagne Zwingeuil, 19 maart 1991. Positie van meetvletten, bebakeningsboeien, meetinstrumenten en bemonsteringsstaketsels in U.T.M. en Lambert.

hoogwaterstand op 19 maart 10 tot 20 cm lager waren dan deze voorspeld voor Zeebrugge.

Dag	Laagwater		Hoogwater		Laagwater	
	Tijdstip	Hoogte (m TAW)	Tijdstip	Hoogte (m TAW)	Tijdstip	Hoogte (m TAW)
17/3	08.24	0,05	14.07	4,75	20.33	0,18
18/3	08.59	-0,03	14.43	4,80	21.12	0,12
19/3	09.39	-0,04	15.19	4,78	21.54	0,16
20/3	10.18	0,05	15.56	4,66	22.35	0,28

Tabel 3.2. Tijdstip van hoog- en laagwater tijdens de dag en verwachte waterstanden te Zeebrugge omstreeks 19 maart 1991. Tijdstip in lokale tijd.

De temperatuur⁴ varieerde op 19 maart 1991 van 8,8 tot 13,2°C. In de late namiddag regende het zachtjes; er viel 0,2 l/m². De gemiddelde windsnelheid⁵ bedroeg 41 km/h, maar in de namiddag wakkerde de wind aan en werden er windstoten genoteerd tot 87 m/s. De wind ruimde van het zuidzuidwesten naar het westzuidwesten. Hoewel de Zwin-inham een relatief beschutte ligging heeft, was op de meetraai Noord de zeegang verhoudingsgewijs ruw bij het binnenkomen van de vloed. Er werden toen golven met een hoogte tot 4 à 5 dm waargenomen.

Analyse van de stalen

De waterstalen werden geanalyseerd door het Laboratorium voor Analytische en Agrochemie van de R.U.Gent (Prof. M. Verloo). De analyse gebeurt op een representatief substaal van gekend volume, dat wordt onttrokken aan het gehomogeniseerd totaal. Membraanfilters met een poriënopening van 0,45 µm worden 24 uur gedroogd op 105 °C en getarreerd. Uit de gehomogeniseerde suspensie van het waterstaal wordt een gekend volume opgezogen en gefiltreerd over het membraan. De randen van het recipiënt worden nagespoeld, waarbij ook het spoelwater over de filter wordt gebracht. De filters met

⁴Waarnemingen geldig voor het Zwin. Bron : KMI Maandbericht, Maart 1991.

⁵Waarnemingen te Oostende (Pier). Bron : KMI Maandbericht, Maart 1991.

het residu worden op analoge manier als bij het tarreren gedroogd en gewogen. Uit deze behandeling volgt de totale concentratie gesuspenseerd materiaal (uitgedrukt in g/l = kg/m³).

De bepaling van het gehalte gesuspenseerd materiaal kleiner dan 63 µm gebeurt op een erg vergelijkbare wijze. Een gekend volume wordt onttrokken aan het waterstaal en wordt dubbel gefilterd : eerst over een nylonfiltergaas met opening 63 µm en vervolgens over de membraanfilter met porie-opening 0,45 µm. Deze behandeling levert de concentratie slib (suspensiemateriaal fijner dan 63 µm) op. Het zandgehalte volgt uit het verschil tussen de twee bepaalde parameters.

Het gehalte aan organisch materiaal wordt bepaald d.m.v. verbranding van het totaal gesuspenseerd materiaal op 550 °C. De filter met het totaal gesuspenseerd materiaal wordt in een verassingskroesje gebracht en na drogen gewogen. De zeer brandbare, asvrije membraanfilters worden met behulp van een vlam aangestoken en het residu wordt verast gedurende 15 minuten bij 550 °C. Na afkoelen in een dessikator wordt het kroesje met zijn inhoud opnieuw gewogen. Het gewichtsverlies na in mindering brengen van het gewicht van de membraanfilter wordt gerapporteerd als vluchtig, gesuspenseerd materiaal.

De methodiek voor de bepalingen is gebaseerd op gegevens uit "Standard methods for the examination of water and wastewater", 13th Edition, 1971, American Public Health Association, New York.

Bezinkingsflessen

Aan de voet van de bemonsteringsstaketsels waren telkens twee bezinkingsflessen gemonteerd. Bovendien was er op de raai Noord nog een bijkomend opstellingspunt van twee bodemtransport-bezinkingsflessen nabij boei 2 (zie fig. 3.1 en tabel 3.1). Bij de ene was de instromingsopening telkens landwaarts gericht, bij de andere was de instromingsopening aan het zeewaartse uiteinde van de fles. Tabel 3.3 vat de plaatsing van de bodemtransport-bemonsteringsflessen samen.

De afsluitdoppen werden ruim voor het binnenlopen van de vloed geopend en weer afgesloten na het beëindigen van de meetcampagne (bij voldoende laagwater). Aldus werd over de in tabel 3.3 aangegeven periode, die tweemaal een hoogwater omvat, een geïntegreerd maatgetal bekomen voor het netto landwaarts (flessen Z/10, Z/5 en Z/1) en netto zeewaarts (flessen Z/9, Z/6

en Z/2) bodemnabij sedimenttransport. Het sediment, opgevangen in de bezinkingsflessen, werd tevens granulometrisch geanalyseerd door het Laboratorium voor Analytische en Agrochemie van de R.U.Gent (Prof. M. Verloo), op de hieronder beschreven wijze.

Lokatie	Oriëntatie flesopening	Kode	Plaatsing 19.03.91 [u]	Ophaling 20.03.91 [u]	Interval [h]
staketsel Noord	Landwaarts	Z/9	12.00	11.00	23.00
	Zeewaarts	Z/10	12.00	11.00	23.00
raai Noord, boei 2	Landwaarts	Z/6	10.30	11.00	24.30
	Zeewaarts	Z/5	10.30	11.00	24.30
staketsel Zuid	Landwaarts	Z/2	12.30	14.00	25.30
	Zeewaarts	Z/1	12.30	14.00	25.30

Tabel 3.3. Plaatsing en werkingsinterval van de bodemtransport-bemonsteringsflessen tijdens de meetcampagne in de Zwingel, 19 maart 1991. Oriëntatie flesopening landwaarts betekent dat de stroming gericht van de Zwinvlakte naar de open zee vrij de fles kan binnestromen.

Het gehalte aan droge bestanddelen in de monsters werd bepaald door neerslaan van de vaste bestanddelen, afhevelen van het meeste water en droogdampen van de overblijvende vaste bestanddelen. Het resultaat is berekend op het totale gewicht van de suspensie (d.i. de vaste bestanddelen plus het water in de volle bezinkingsfles).

Het gehalte aan organisch materiaal is uitgedrukt t.o.v. de droge vaste bestanddelen en werd bepaald volgens de bichromaatmethode. Hierbij wordt het koolstofgehalte bepaald en het gehalte aan organisch materiaal werd berekend door het koolstofgehalte te vermenigvuldigen met 2.

Het gedroogd materiaal werd gezeefd op 2 mm. Van het gedeelte kleiner dan 2 mm werd de korrelgrootteverdeling bepaald. Hierbij werden de zandfrakties bepaald door droge zieving en de silt- en kleifrakties met de pipet volgens de bezinkingsmethode.

Grove frakties (grover dan 2 mm) komen alleen voor in de monsters Z/5 en Z/6 en zijn samengesteld uit schelpfragmenten. Ook de frakties 2000-1000 µm en 1000-500 µm van de overige monsters bevatten vrijwel uitsluitend schelpresten.



De droge zieving gebeurt op een zeefreeks van 50 μm , 100 μm , 200 μm , 500 μm en 1000 μm . De gewichten van de analysefrakties worden bepaald en uitgedrukt als het percentage van het totaal gewicht van het staal. Vervolgens worden, met behulp van de gebruikelijke log-probabilistische interpolatie, de mediane korrelgrootte D_{50} bepaald en de spreiding σ van de korrelgrootten, $(D_{84} - D_{16})/2$.

3.4. VERWERKINGSWIJZE VAN DE MEETGEGEVENS

De meetcampagne in de Zwingel heeft essentieel tot doel om de variatie van twee belangrijke grootheden (stroomsnelheid en sedimentconcentratie) na te gaan over de waterdiepte en doorheen de gedefinieerde dwarsraaien, en dit op verschillende tijdstippen van het getij. Hierbij is het van groot belang dat de meetresultaten onderling kunnen worden vergeleken. De tabellen en figuren waarvan in deze paragraaf sprake is, volgen alle in hoofdstuk 3.5. De tijdsaanduiding bij de verwerking van de dertienuurs-meetcampagnes is systematisch geschied in lokale tijd (wintertijd); de hoogte-aanduiding is t.o.v. Z van Bruggen en Wegen en in de meetraaien wordt de dwarsafstand weergegeven in m t.o.v. een vast punt op de westelijke oever.

Verwerking van de stroomsnelheidsmetingen

Voor wat betreft de metingen, verricht op de meetvletten, werd er naar gestreefd om per vertikaal profiel 6 meetpunten te nemen. De geringe waterdieptes maakten dat er meestal een kleiner aantal metingen kon worden uitgevoerd. Per meetpunt werden minstens twee aflezingen verricht. Aan de staketsels kan de snelheid slechts op twee meetpunten worden bepaald.

Via een ijkingsformule, eigen aan elke stroommeter met gepaste schroef, werd uit de gemiddelde aflezingswaarde per meetpunt de waarde van de stroomsnelheid berekend en uitgedrukt in m/s. De waarde van de stroomsnelheid per meetpunt is opgenomen in de tabellen 3.5 t/m 3.9, waarin eveneens de hoogte van de waterkolom is vermeld van iedere verticale, en de hoogte boven de bodem waarop de snelheidsmeting werd uitgevoerd.

Verwerking van de sedimentconcentratie metingen

De bemonsteringen, verricht op de meetvletten, werden verricht op dezelfde meetpunten als voor de stroomsnelheid. Vanaf de staketsels konden per ver-

vertikale op vijf punten stalen worden genomen. De waterstalen werden geanalyseerd volgens de in par. 3.3 beschreven methodes. Uit de analyseverslagen werden de volgende vier parameters bepaald :

- de totale concentratie vaste stof in het staal (uitgedrukt in g/l = kg/m³);
- de concentratie zand (partikels grover dan 63 µm) (g/l);
- de concentratie slib (partikels fijner dan 63 µm) (g/l);
- de concentratie organische stof (g/l).

De waarden van deze parameters, bepaald op één meetpunt, werden vergeleken met de andere meetpunten van dezelfde verticale. Indien er te grote afwijkingen werden vastgesteld, dan werd ook het reservestaal geanalyseerd. Week de analyse van het tweede staal sterk af van het eerste, maar sloot ze aan bij die van de omgevende stalen van dezelfde verticale, dan werden de analyseresultaten van het tweede staal als de korrekte beschouwd. Leverde de analyse van het tweede staal ongeveer dezelfde resultaten op als van het eerste staal, dan werd het gemiddelde van de concentraties berekend en dan werden deze gemiddelde waarden als het korrekte analyseresultaat beschouwd.

De analyseresultaten zijn opgenomen in de tabellen die volgen in hoofdstuk 3.5 (tabellen 3.5 t/m 3.9).

Grafische voorstelling van de snelheids- en concentratiemetingen per dwarsraai

De ruimtelijke variatie van de snelheids- en concentratieprofielen over het getij kan gemakkelijk worden afgelezen uit de figuren die de snelheid, de totale concentratie en de zandconcentratie per verticale afbeelden in functie van de hoogte boven de bodem en de ligging in de meetraai. Deze figuren volgen in hoofdstuk 3.5 (zie fig. 3.4 t/m 3.8).

De vergelijking van verticale naar verticale en van meetraai naar meetraai wordt mogelijk, doordat binnen een meetreeks dezelfde schaal werd gebruikt. Iedere figuur is een grafische voorstelling van een momentopname. Zoveel mogelijk gegevens, die betrekking hebben op dezelfde meetraai en hetzelfde tijdstip, werden in elke figuur verwerkt : snelheidsmetingen vanaf staketsels, meetvletten of draagbaar statief; concentratiewaarden van stalen genomen aan de staketsels en vanaf meetvletten.

De meetvertikalen werden ingetekend in het opgemeten topografisch profiel, en de waterstand van het ogenblik bepaalt de waterhoogte.

Bij de snelheidsprofielen werd aangenomen dat de snelheid vanaf het onderste meetpunt afneemt naar 0 m/s aan de bodem. De snelheidswaarde van het bovenste meetpunt werd ingetekend voor de bovenste decimeters, tot aan de oppervlakte.

Bij de suspensiekoncentratieprofielen werd zowel de totale sedimentconcentratie als de zandconcentratie ingetekend. De waarde van beide grootheden werd uitgezet vanaf de meetvertikale. Er werd geen aanname gemaakt voor de waarde van de sedimentconcentratie in de onderste centimeters van de vertikalen. Men mag aannemen dat de concentratie nabij de bodem het hoogst is, vooral op het ogenblik van snelle stroming. De concentratiewaarde van het bovenste meetpunt werd ingetekend voor de bovenste decimeters, tot aan de oppervlakte.

Berekening van debiet en sedimenttransport

Voor de simultane opnamen van de meetraaien Noord en Zuid werden het totale debiet en het sedimenttransport berekend, en weergegeven in tabel 3.10. Het debiet werd bekomen door sommatie van deeldebieten, berekend over deelsekties. Voor de definitie van de deelsekties werd geheel gesteund op de topografische opname zoals voorgesteld in de figuren 3.4 t/m 3.8. Omheen de punten, waarin snelheidswaarden werden gemeten, werden fictieve deelsekties gedefinieerd op basis van de opgemeten topografische punten van de bodem, het wateroppervlak en middelloodlijnen tussen de meetpunten. De snelheidswaarden worden representatief geacht voor de aldus vastgelegde deelsekties. Het deeldebiet wordt bekomen door vermenigvuldiging van de snelheidswaarde met de oppervlakte van de deelsectie.

Het totaal sedimenttransport resulteert uit de sommatie van deeltransporten, berekend over dezelfde deelsekties. De deeltransporten worden bekomen door de deeldebieten te vermenigvuldigen met de gemeten totale sedimentconcentratie in de deelsectie.

In dezelfde tabel staan ook enkele grootheden, die uit de vorige berekeningen worden afgeleid : de totale stroomsektie, de gemiddelde stroomsnelheid, het gemiddeld sedimenttransport (dit is het totaal sedimenttransport gedeeld door de totale stroomsektie) en de gemiddelde sedimentconcentratie. Tevens is aangegeven of voor de betrokken meetraaien de stroming land- dan wel zeewaarts is.

Verwerking van de metingen met bodemtransport-bemonsteringsflessen

Tijdens de meetcampagne werden op enkele lokaties metingen verricht van het geïntegreerd bodemnabij sedimenttransport. Deze metingen, uitgevoerd zoals beschreven in hoofdstuk 3.3, resulteren in hoeveelheden sediment, opgevangen op de diverse lokaties. Deze hoeveelheden zijn vermeld in tabel 3.11 in hoofdstuk 3.5. In tabel 3.12 worden ook enkele beschrijvende parameters van de granulometrische analyse opgenomen.

3.5. MEETRESULTATEN VAN DE MEETCAMPAGNE VAN 19 MAART 1991 IN DE ZWINGEUL

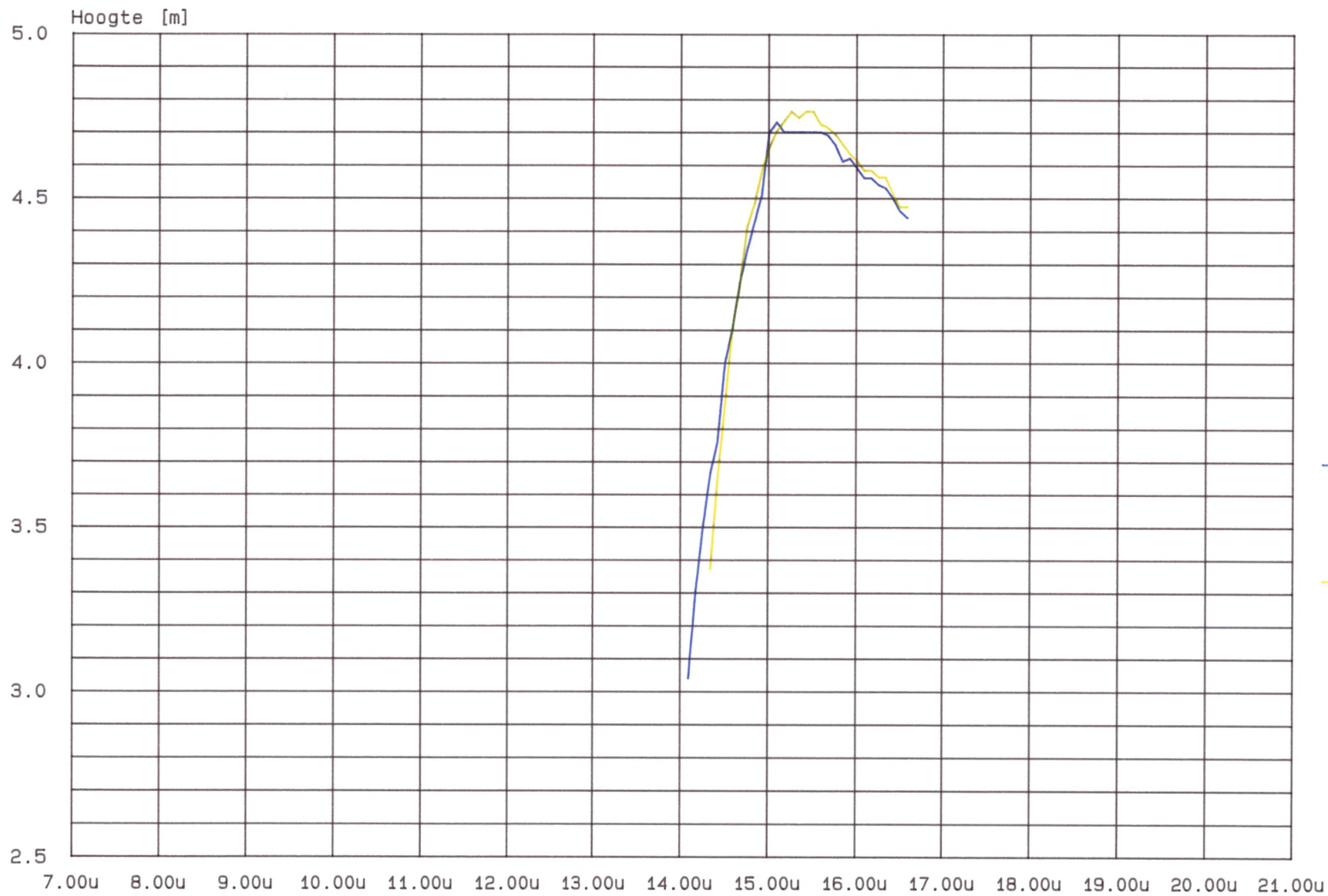
3.5.1. Waargenomen getij in de Zwingeul

De waterstanden die optraden in de Zwingeul, zowel op de lokaties Noord als Zuid (zie fig. 3.1), werden alle vijf minuten afgelezen van tijbaken. Men vindt de waargenomen waterstanden in tabel 3.4, en deze zijn grafisch voorgesteld in fig. 3.3.

Het peil waarbij de opkomende vloed de Zwingeul begint binnen te stromen bij raai Noord ligt tussen 2,5 en 3 m. Dit peil werd bereikt omstreeks 14.00 u. Men merkt dat het waterpeil zeer snel stijgt : bijna 2 m op een uur tijd. De hoogste waterstand (4,73 m) werd op de lokatie Noord bereikt om 15.05 u. Tien minuten later bereikt de lokatie Zuid een hoogste waterstand van 4,76 m. De waterstand blijft ongeveer een half uur stabiel, en dan begint het peil geleidelijk weer af te nemen. De daling van het waterpeil gebeurt veel langzamer dan het stijgen.

3.5.2. Resultaten van de stroomsnelheids- en suspensiekoncentratiemetingen

In de tabellen 3.5 t/m 3.9 vindt men de resultaten van de stroomsnelheids- en suspensiekoncentratiemetingen, die op de meetraaien Noord en Zuid werden uitgevoerd tijdens de meetcampagne van 19 maart 1991. In deze tabellen staat ook het tijdstip van de meting, de lokatie en de hoogte van de waterko-



MEETCAMPAGNE ZWINGEUL, 19 MAART 1991
GEMETEN WATERSTANDEN

Tijdstip [lokale tijd]	Peilschaal Noord [m t.o.v. Z]	Peilschaal Zuid [m t.o.v. Z]
14:05	3,04	-
14:10	3,30	-
14:15	3,50	3,15
14:20	3,66	3,37
14:25	3,76	3,65
14:30	4,00	3,87
14:35	4,10	4,10
14:40	4,24	4,23
14:45	4,34	4,41
14:50	-	4,48
14:55	4,51	4,58
15:00	4,70	4,65
15:05	4,73	4,70
15:10	4,70	4,73
15:15	4,70	4,76
15:20	4,70	4,74
15:25	4,70	4,76
15:30	4,70	4,76
15:35	4,70	4,72
15:40	4,69	4,71
15:45	4,66	4,69
15:50	4,61	4,66
15:55	4,62	4,63
16:00	4,59	4,61
16:05	4,56	4,58
16:10	4,56	4,58
16:15	4,54	4,56
16:20	4,53	4,56
16:25	4,50	4,51
16:30	4,46	4,47
16:35	4,44	4,47

Tabel 3.4. Meetcampagne Zwingel, 19 maart 1991. Waargenomen waterstanden bij de meetraaien Noord en Zuid.

lom vermeld. De suspensiekoncentratie werd bovendien, zoals gebruikelijk, verder opgesplitst in de concentratie zand, slib en organisch materiaal.

De tabelmatig weergegeven resultaten worden hieronder grafisch uitgewerkt per meetraai en meettijdstip. In deze grafische voorstelling werden zoveel mogelijk meetresultaten betrokken. Voor de volledige meetresultaten wordt nochtans verwezen naar tabellen 3.5 t/m 3.9.

Meetresultaten STAKETSEL NOORD

	Meet-punt nr.	Hoogte [m] boven bodem (snelheid)	Snelheid [m]	Hoogte [m] boven bodem (konc.)	Sedimentconcentratie [g/l]			
					Totaal	Zand	Slib	Org.M.
Vertikale 1 Tijdstip [u] : 14:00	1	1,25	-	1,50				
	2			1,00				
	3	0,38	0,64	0,50				
	4			0,25	0,999	0,382	0,617	0,090
	5			0,10	1,036	0,349	0,688	0,091
Vertikale 2 Tijdstip [u] : 14:15	1	1,25	0,58	1,50				
	2			1,00	0,592	0,131	0,461	0,076
	3	0,38	0,49	0,50	0,692	0,250	0,442	0,081
	4			0,25	0,691	0,208	0,483	0,078
	5			0,10	0,934	0,461	0,473	0,073
Vertikale 3 Tijdstip [u] : 14:40	1	1,25	0,15	1,50	0,491	0,110	0,381	0,089
	2			1,00	0,584	0,181	0,403	0,075
	3	0,38	0,15	0,50	0,604	0,194	0,410	0,072
	4			0,25	0,789	0,401	0,388	0,069
	5			0,10	0,802	0,448	0,354	0,075
Vertikale 4 Tijdstip [u] : 15:05	1	1,25	0,21	1,50	0,488	0,098	0,390	0,045
	2			1,00	0,439	0,045	0,394	0,060
	3	0,38	0,18	0,50	0,418	0,044	0,374	0,057
	4			0,25	0,579	0,219	0,360	0,061
	5			0,10	0,537	0,130	0,407	0,052
Vertikale 5 Tijdstip [u] : 15:30	1	1,25	0,12	1,50	0,440	0,118	0,322	0,047
	2			1,00	0,455	0,102	0,353	0,050
	3	0,38	0,09	0,50	0,443	0,126	0,317	0,051
	4			0,25	0,447	0,131	0,316	0,048
	5			0,10	0,444	0,098	0,346	0,062

Meetresultaten STAKETSEL NOORD

		Meet-punt nr.	Hoogte [m] boven bodem (snelheid)	Snel- heid [m]	Hoogte [m] boven bodem (konc.)	Sedimentconcentratie [g/l]			
						Totaal	Zand	Slib	Org.M.
Vertikale 6	Tijdstip [u] : 15:55	1	1,25	0,18	1,50	0,465	0,079	0,386	0,054
		2			1,00	0,632	0,262	0,370	0,105
		3	0,38	0,14	0,50	0,521	0,122	0,399	0,059
		4			0,25	0,506	0,078	0,428	0,050
		5			0,10	0,697	0,284	0,413	0,062
Vertikale 7	Tijdstip [u] : 16:20	1	1,25	0,14	1,50	0,322	0,054	0,268	0,037
		2			1,00	0,358	0,023	0,335	0,072
		3	0,38	0,11	0,50	0,497	0,128	0,369	0,057
		4			0,25	0,618	0,139	0,479	0,061
		5			0,10	0,769	0,188	0,581	0,076
Vertikale 8	Tijdstip [u] : 16:45	1	1,25	0,28	1,50	0,243	0,041	0,202	0,034
		2			1,00	0,239	0,030	0,209	0,048
		3	0,38	0,23	0,50	0,271	0,049	0,222	0,036
		4			0,25	0,287	0,060	0,227	0,042
		5			0,10	0,280	0,067	0,213	0,029

Meetresultaten STAKETSEL ZUID
--

	Meet- punt nr.	Hoogte [m] boven bodem (snelheid)	Snel- heid [m]	Hoogte [m] boven bodem (konc.)	Sedimentconcentratie [g/l]			
					Totaal	Zand	Slib	Org.M.
Vertikale 1 Tijdstip [u] : 14:35	1	1,25	0,60	1,50				
	2			1,00	0,532	0,105	0,427	0,043
	3	0,38	1,01	0,50	0,573	0,113	0,460	0,052
	4			0,25	0,560	0,096	0,464	0,058
	5			0,10	-	-	-	-
Vertikale 2 Tijdstip [u] : 14:40	1	1,25	0,61	1,50				
	2			1,00	0,506	0,047	0,459	0,055
	3	0,38	1,07	0,50	0,595	0,135	0,460	0,063
	4			0,25	0,577	0,118	0,459	0,064
	5			0,10	0,291	0,012	0,279	0,049
Vertikale 3 Tijdstip [u] : 15:05	1	1,25	0,22	1,50				
	2			1,00	0,507	0,094	0,413	0,050
	3	0,38	0,30	0,50	0,492	0,070	0,422	0,050
	4			0,25	0,512	0,089	0,423	0,065
	5			0,10	0,346	0,055	0,291	0,052
Vertikale 4 Tijdstip [u] : 15:30	1	1,25	0,00	1,50				
	2			1,00	0,326	0,019	0,307	0,000
	3	0,38	0,00	0,50	0,352	0,025	0,327	0,042
	4			0,25	0,367	0,024	0,343	0,036
	5			0,10	0,277	0,035	0,242	0,043
Vertikale 5 Tijdstip [u] : 15:55	1	1,25	0,00	1,50				
	2			1,00	0,212	0,011	0,201	0,034
	3	0,38	0,08	0,50	0,204	0,004	0,200	0,027
	4			0,25	0,221	0,021	0,200	0,030
	5			0,10	0,161	0,003	0,158	0,021

Meetresultaten
STAKETSEL ZUID

Vertikale 6

Tijdstip [u] : 16:20

Meet- punt nr.	Hoogte [m] boven bodem (snelheid)	Snel- heid [m]	Hoogte [m] boven bodem (konc.)	Sedimentkoncentratie [g/l]			
				Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	1,25	0,00	1,50				
2			1,00	0,212	0,007	0,205	0,032
3	0,38	0,00	0,50	0,212	0,000	0,212	0,013
4			0,25	0,238	0,045	0,193	0,034
5			0,10	0,148	0,011	0,137	0,021

Meetresultaten MEETVLETTEN NOORD

Vertikale 1
Boei 1
 Waterdiepte [m] : 1,55
 Tijdstip [u] : 14:55

Meet- punt nr.	Hoogte [m] boven bodem	Snel- heid [m]	Sedimentconcentratie [g/l]			
			Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	0,25	0,27	0,450	0,061	0,389	0,044
2	0,50	0,25	0,473	0,071	0,402	0,049
3	0,75	0,22	0,432	0,029	0,403	0,045
4	1,00	0,16	0,458	0,053	0,405	0,056
5	1,20	0,19	0,413	0,030	0,383	0,061
6	1,35	0,20	0,447	0,067	0,380	0,052

Vertikale 1
Boei 2
 Waterdiepte [m] : 1,9
 Tijdstip [u] : 15:10

1	0,30	0,14	0,392	0,086	0,306	0,033
2	0,60	0,30	0,423	0,080	0,343	0,045
3	0,90	0,37	0,345	0,028	0,317	0,047
4	1,20	0,40	0,378	0,055	0,323	0,063
5	1,45	0,36	0,324	0,019	0,305	0,036
6	1,70	0,38	0,332	0,020	0,312	0,044

Vertikale 1
Boei 3
 Waterdiepte [m] : 1,6
 Tijdstip [u] : 15:20

1	0,22	0,20	0,349	0,042	0,307	0,042
2	0,44	0,21	0,329	0,021	0,308	0,030
3	0,66	0,27	0,328	0,031	0,297	0,049
4	0,88	0,20	0,396	0,083	0,313	0,050
5	1,10	0,17	0,356	0,056	0,300	0,047
6	1,35	0,13	0,366	0,084	0,282	0,050

Vertikale 1
Boei 4
 Waterdiepte [m] : 1,05
 Tijdstip [u] : 14:55

1	0,20	0,46	0,577	0,159	0,418	0,033
2	0,45	0,69	0,573	0,105	0,468	0,063
3	0,85	0,88	0,447	0,073	0,374	0,048

Meetresultaten MEETVLETTEN NOORD

Vertikale 2
Boei 1
 Waterdiepte [m] : 2,35
 Tijdstip [u] : 15:30

Meet-punt nr.	Hoogte [m] boven bodem	Snel- heid [m]	Sedimentconcentratie [g/l]			
			Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	0,33	0,19	0,396	0,045	0,351	0,037
2	0,66	0,16	0,362	0,026	0,336	0,040
3	1,00	0,17	0,343	0,022	0,321	0,037
4	1,32	0,16	0,365	0,101	0,264	0,037
5	1,65	0,15	0,378	0,055	0,323	0,037
6	2,00	0,16	0,359	0,020	0,339	0,037

Vertikale 2
Boei 2
 Waterdiepte [m] : 2
 Tijdstip [u] : 15:40

1	0,28	0,34	0,488	0,128	0,360	0,055
2	0,56	0,41	0,461	0,047	0,414	0,048
3	0,84	0,46	0,461	0,044	0,417	0,058
4	1,12	0,52	0,449	0,043	0,406	0,038
5	1,40	0,52	0,374	0,017	0,357	0,033
6	1,70	0,47	0,319	0,028	0,291	0,039

Vertikale 2
Boei 3
 Waterdiepte [m] : 2
 Tijdstip [u] : 15:55

1	0,28	0,13	0,485	0,086	0,399	0,052
2	0,56	0,16	0,488	0,043	0,445	0,048
3	0,84	0,20	0,483	0,084	0,399	0,041
4	1,12	0,23	0,424	0,062	0,362	0,046
5	1,40	0,26	0,481	0,047	0,434	0,062
6	1,70	0,26	0,358	0,000	0,358	0,047

Vertikale 2
Boei 4
 Waterdiepte [m] : 0,9
 Tijdstip [u] : 15:25

1	0,20	0,26	0,490	0,138	0,352	0,036
2	0,40	0,31	0,452	0,083	0,369	0,046
3	0,65	0,36	0,422	0,049	0,373	0,045

Meetresultaten MEETVLETTEN NOORD

Vertikale 3**Boei 1**

Waterdiepte [m] : 1,9

Tijdstip [u] : 16:10

Meet-punt nr.	Hoogte [m] boven bodem	Snel- heid [m]	Sedimentconcentratie [g/l]			
			Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	0,27	0,11	0,405	0,068	0,337	0,053
2	0,54	0,18	0,361	0,013	0,348	0,047
3	0,81	0,16	0,324	0,026	0,298	0,044
4	1,08	0,17	0,338	0,046	0,292	0,045
5	1,35	0,17	0,291	0,041	0,250	0,042
6	1,62	0,19	0,294	0,048	0,246	0,045

Vertikale 3**Boei 2**

Waterdiepte [m] : 1,9

Tijdstip [u] : 16:20

1	0,27	0,20	0,289	0,036	0,253	0,040
2	0,54	0,19	0,270	0,051	0,219	0,039
3	0,81	0,22	0,275	0,026	0,249	0,038
4	1,08	0,28	0,229	0,007	0,222	0,034
5	1,35	0,31	0,211	0,030	0,181	0,033
6	1,62	0,33	0,178	0,008	0,170	0,027

Vertikale 3**Boei 3**

Waterdiepte [m] : 1,6

Tijdstip [u] : 16:30

1	0,23	0,32	0,295	0,011	0,284	0,037
2	0,46	0,21	0,266	0,015	0,251	0,031
3	0,69	0,20	0,228	0,032	0,196	0,028
4	0,92	0,20	0,200	0,023	0,177	0,031
5	1,15	0,28	0,199	0,027	0,172	0,032
6	1,37	0,22	0,178	0,006	0,172	0,034

Vertikale 3**Boei 4**

Waterdiepte [m] : 0,92

Tijdstip [u] : 15:35

1	0,22	0,17	0,559	0,197	0,362	0,048
2	0,42	0,22	0,450	0,091	0,359	0,042
3	0,67	0,20	0,451	0,057	0,394	0,040

Meetresultaten
MEETVLETEN ZUID

Vertikale 1
Boei 1
 Waterdiepte [m] : 2,82
 Tijdstip [u] : 15:15

Meet- punt nr.	Hoogte [m] boven bodem	Snel- heid [m]	Sedimentconcentratie [g/l]			
			Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	0,30	0,25	0,459	0,087	0,372	0,054
2	0,80	0,24	0,380	0,038	0,342	0,046
3	1,30	0,27	0,406	0,045	0,361	0,044
4	1,80	0,23	0,453	0,107	0,346	0,052
5	2,30	-	0,379	0,046	0,333	0,047

Vertikale 1
Boei 2
 Waterdiepte [m] : 2,88
 Tijdstip [u] : 15:05

1	0,50	0,53	0,527	0,124	0,403	0,060
2	1,00	0,51	0,419	0,031	0,388	0,051
3	1,50	0,50	0,435	0,065	0,370	0,044
4	2,00	0,47	0,427	0,083	0,344	0,049
5	2,19	0,52	0,437	0,067	0,370	0,049

Vertikale 1
Boei 3
 Waterdiepte [m] : 2,06
 Tijdstip [u] : 14:55

1	0,36	0,48	0,521	0,105	0,416	0,056
2	0,66	0,51	0,506	0,072	0,434	0,057
3	0,96	0,49	0,491	0,072	0,419	0,045
4	1,26	0,50	0,447	0,064	0,383	0,051
5	1,56	0,67	0,470	0,067	0,403	0,058

Meetresultaten MEETVLETTEN ZUID

Vertikale 2
Boei 1
 Waterdiepte [m] : 2,83
 Tijdstip [u] : 16:05

Meet- punt nr.	Hoogte [m] boven bodem	Snel- heid [m]	Sedimentconcentratie [g/l]			
			Totaal	Zand	Slib	Org.M.
1	0,30	0,07	0,261	0,022	0,239	0,031
2	0,60	0,10	0,256	0,013	0,243	0,044
3	1,03	0,07	0,253	0,025	0,228	0,052
4	1,43	0,08	0,237	0,036	0,201	0,037
5	1,93	0,09	0,209	0,021	0,188	0,036
6	2,33	0,11	0,191	0,019	0,172	0,033

Vertikale 2
Boei 2
 Waterdiepte [m] : 2,29
 Tijdstip [u] : 15:55

1	0,30	0,08	0,213	0,005	0,208	0,030
2	0,60	0,15	0,200	0,006	0,194	0,034
3	0,90	0,17	0,185	0,000	0,185	0,029
4	1,20	0,19	0,206	0,021	0,185	0,034
5	1,60	0,21	0,195	0,017	0,178	0,000
6	1,79	0,19	0,207	0,024	0,183	0,033

Vertikale 2
Boei 3
 Waterdiepte [m] : 2,06
 Tijdstip [u] : 15:45

1	0,30	0,13	0,285	0,028	0,257	0,036
2	0,60	0,12	0,254	0,023	0,231	0,034
3	0,90	0,13	0,225	0,005	0,220	0,035
4	1,20	0,13	0,235	0,041	0,194	0,031
5	1,35	0,19	0,202	0,005	0,197	0,029
6	1,70	0,16	0,209	0,020	0,189	0,024

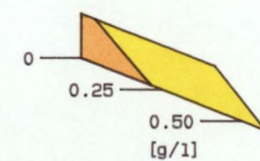
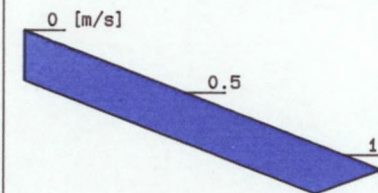
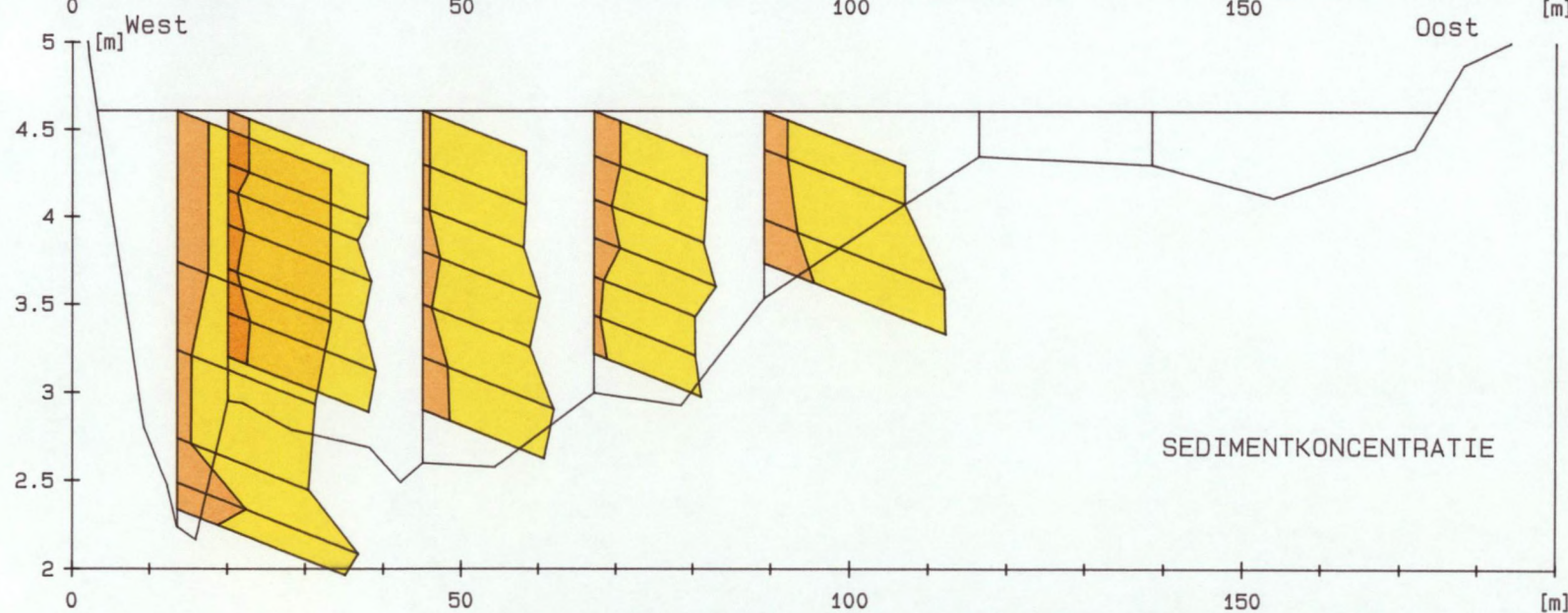
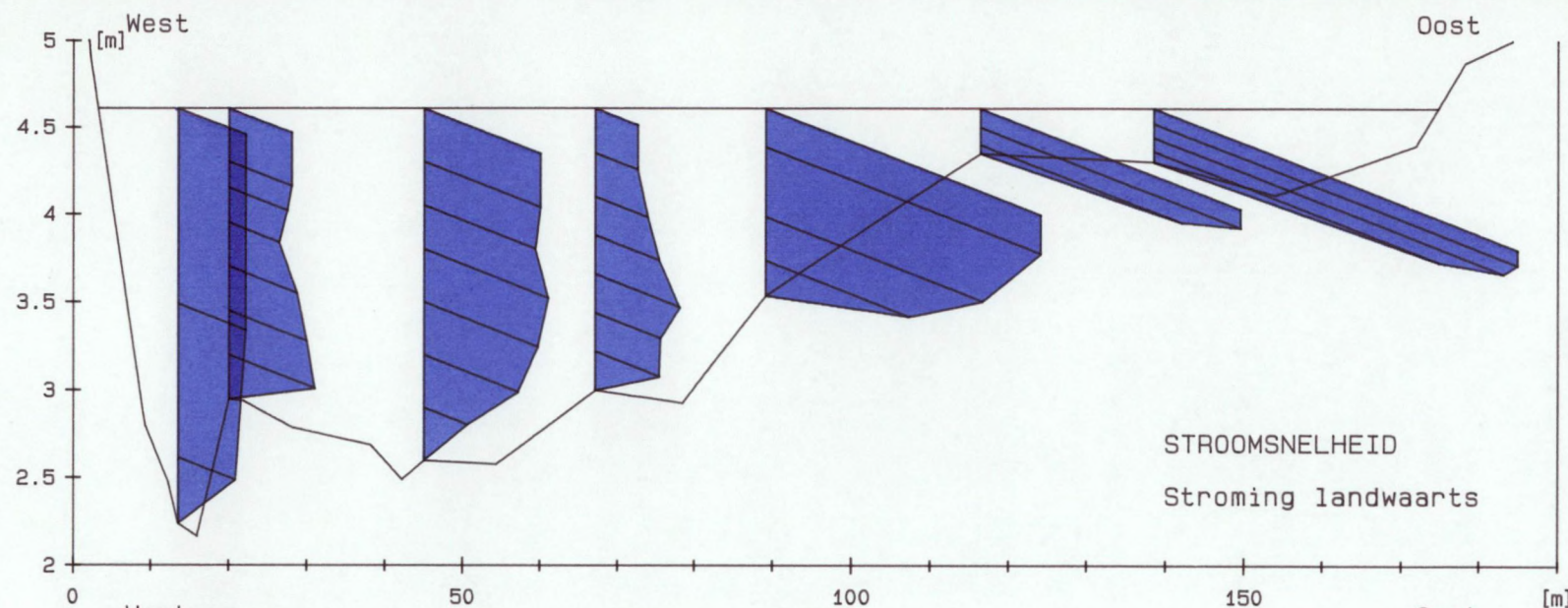
3.5.3. Grafische voorstelling van de meetresultaten per meetraai

Op de wijze, beschreven in par. 3.4, werden de metingen van stroomsnelheid en suspensiekoncentratie per meetraai uitgezet als functie van de dwarssectie van de meetraai (fig. 3.4 t/m 3.8). Doordat de meetwaarden volgens een derde as werden uitgezet, bekomt men een driedimensionele voorstelling die de interpretatie van deze figuren vergemakkelijkt. Merk op dat de stromingsrichting is vermeld bij de grafiek van de snelheid. De eerst uitgevoerde metingen hebben bij de twee meetraaien betrekking op de vloedstroom (landwaarts gericht, fig. 3.4, 3.5 en 3.7); na hoogwater zet geleidelijk de ebstroom in (stroming zeewaarts, fig. 3.6 en 3.8).

Men kan de evolutie van de stroming afleiden uit de metingen verricht aan de staketsels. Hier beschikt men over een groter aantal metingen in de tijd, en deze metingen zijn bovendien uitgevoerd op konstante hoogte boven de bodem, met een minimale invloed van de deining. Zowel bij het staketsel Noord als het staketsel Zuid worden de maximaal waargenomen stroomsnelheden geregistreerd bij de eerste metingen, d.w.z. onmiddellijk bij het opkomen van het water in de geul. Ruim een uur na de vloed-snelheidspiek valt de stroming vrijwel op nul; dit is het ogenblik van de kentering. De snelheden van de ebstroom blijven merkkelijk lager dan deze waargenomen bij vloed.

Bij het bestuderen van de stroming over de meetraai Noord (fig. 3.4, 3.5 en 3.6) valt de ruimtelijke verscheidenheid in snelheden op. Zo blijken relatief hoge stroomsnelheden op te treden in het ondiepe water aan de oostzijde van de geul. De vastgestelde variabiliteit houdt zonder twijfel verband met de complexe morfologie van de geul, met zandplaten en megaribbels in de bedding, en bovendien bevindt de raai Noord zich nabij een kronkel in de Zvingeul, die aan zeewaartse zijde gedeeltelijk is "afgedamd" door een strandwal (zie fig. 3.1). Het grote aantal uitgevoerde stroomsnelheidsmetingen is absoluut noodzakelijk indien men realistische waarden wenst te bekomen inzake debiet en sedimenttransport.

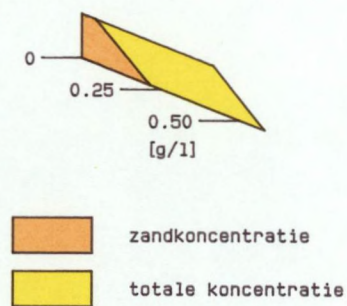
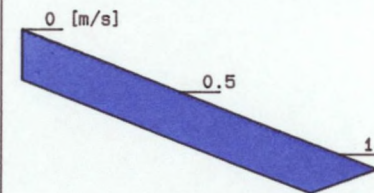
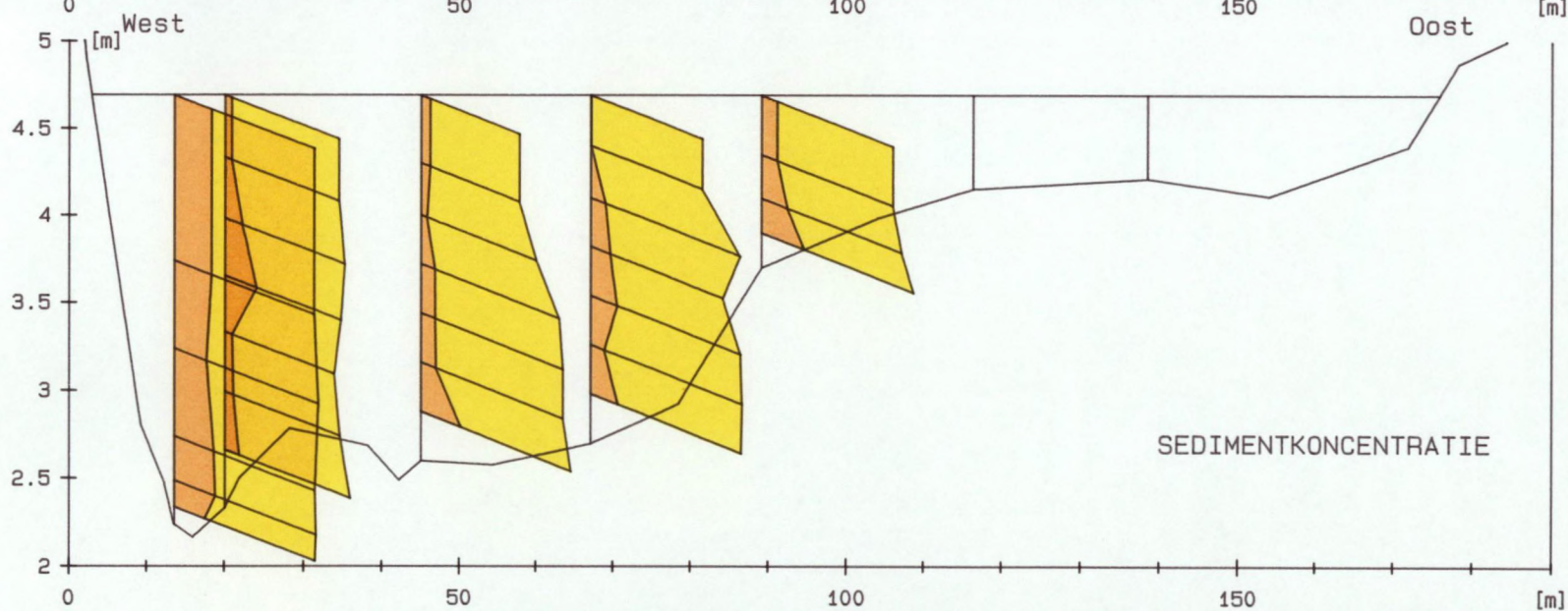
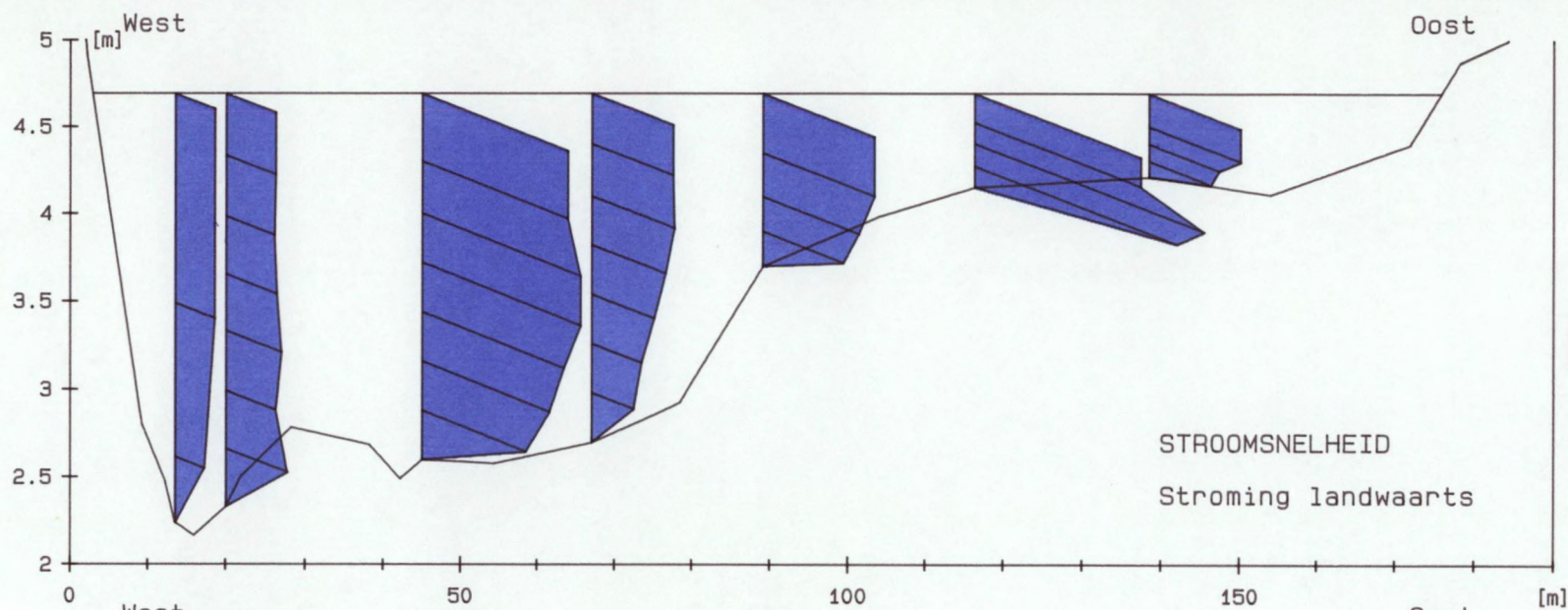
Ook het gedrag van de suspensiekoncentratie over de meetraai is opmerkelijk. Om te beginnen stelt men hier minder ruimtelijke variatie vast. In feite is de ruimtelijke homogeniteit zelfs merkwaardig te noemen. Niet alleen is de variatie in suspensiegehalte in functie van de dwarsafstand klein, maar ook de verticale menging is zeer goed ontwikkeld. Dit merkt men aan de vrijwel verticale profielen, die op de diverse meetlokaties werden geregistreerd.



zandconcentratie
totale concentratie

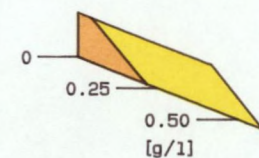
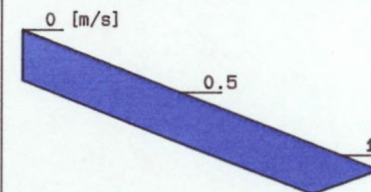
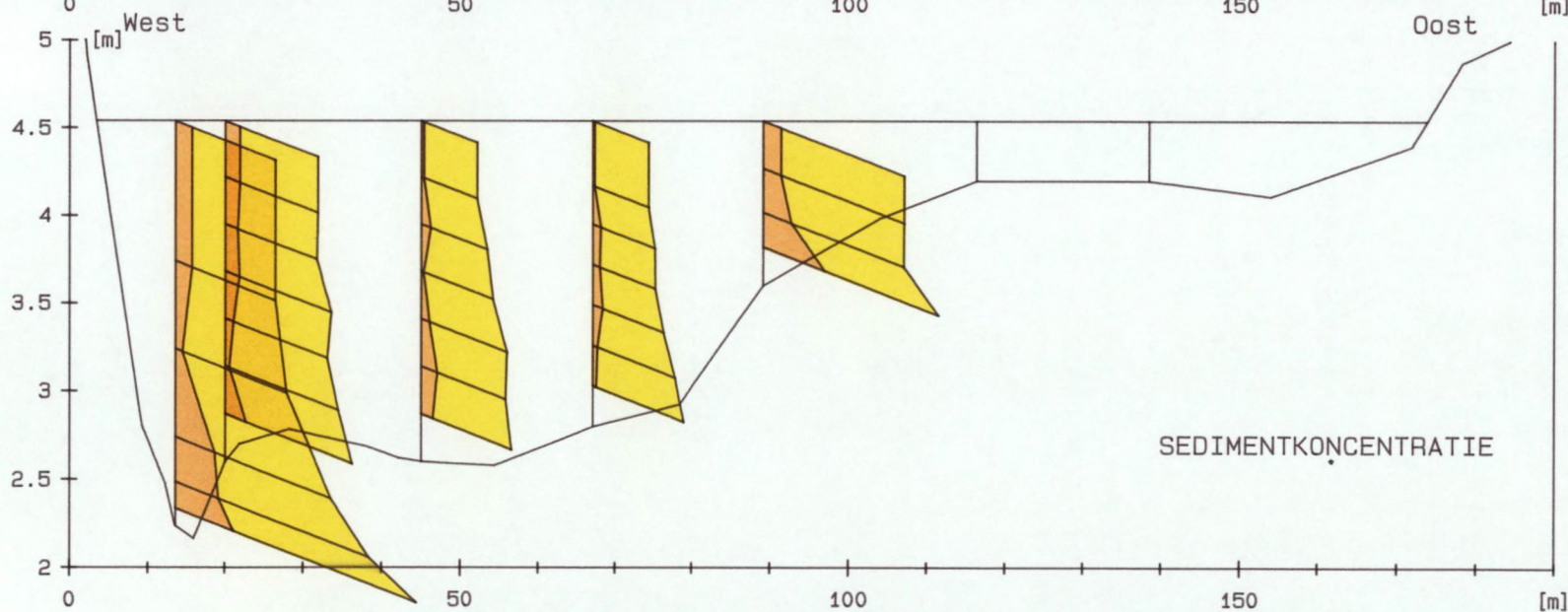
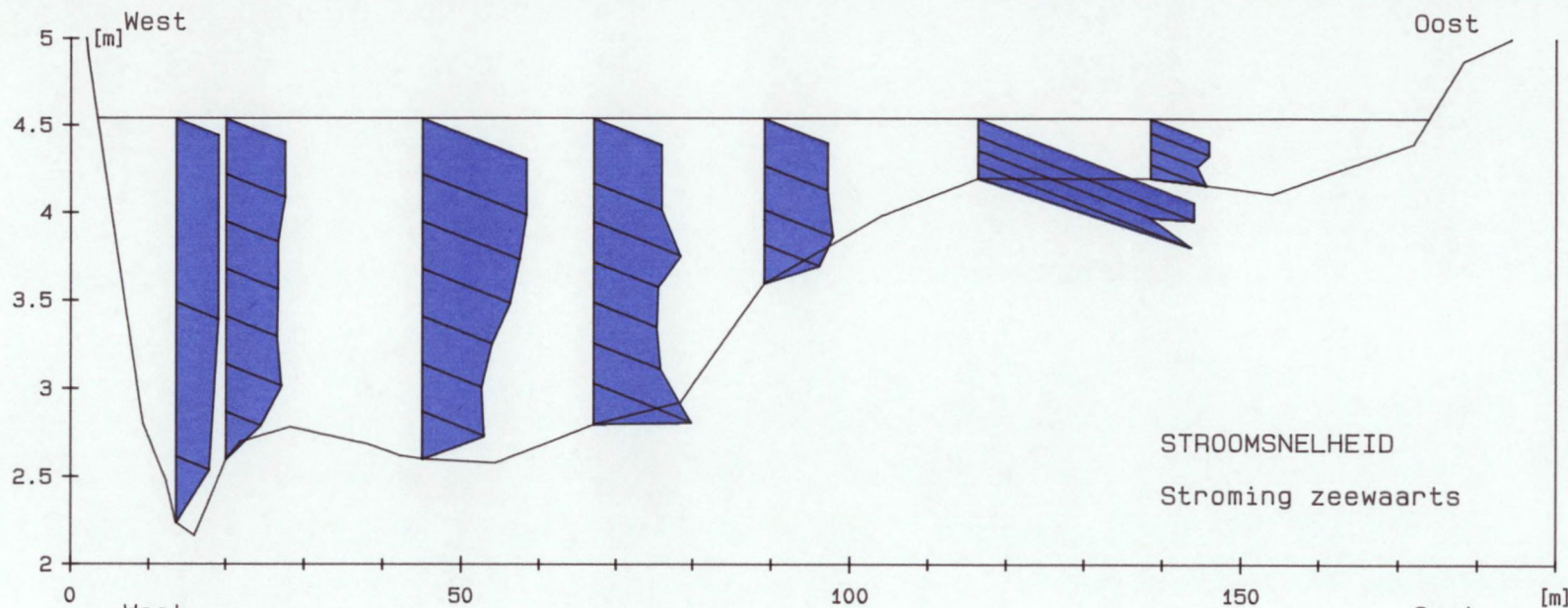
MEETCAMPAGNE ZWINGEUL, 19 MAART 1991
LOKATIE NOORD, 15.05u

Fig. 3.4



MEETCAMPAGNE ZWINGEUL, 19 MAART 1991
LOKATIE NOORD, 15.40u

Fig. 3.5



- zandconcentratie
- totale concentratie

MEETCAMPAGNE ZWINGEUL, 19 MAART 1991
LOKATIE NOORD, 16.15u

Fig. 3.6

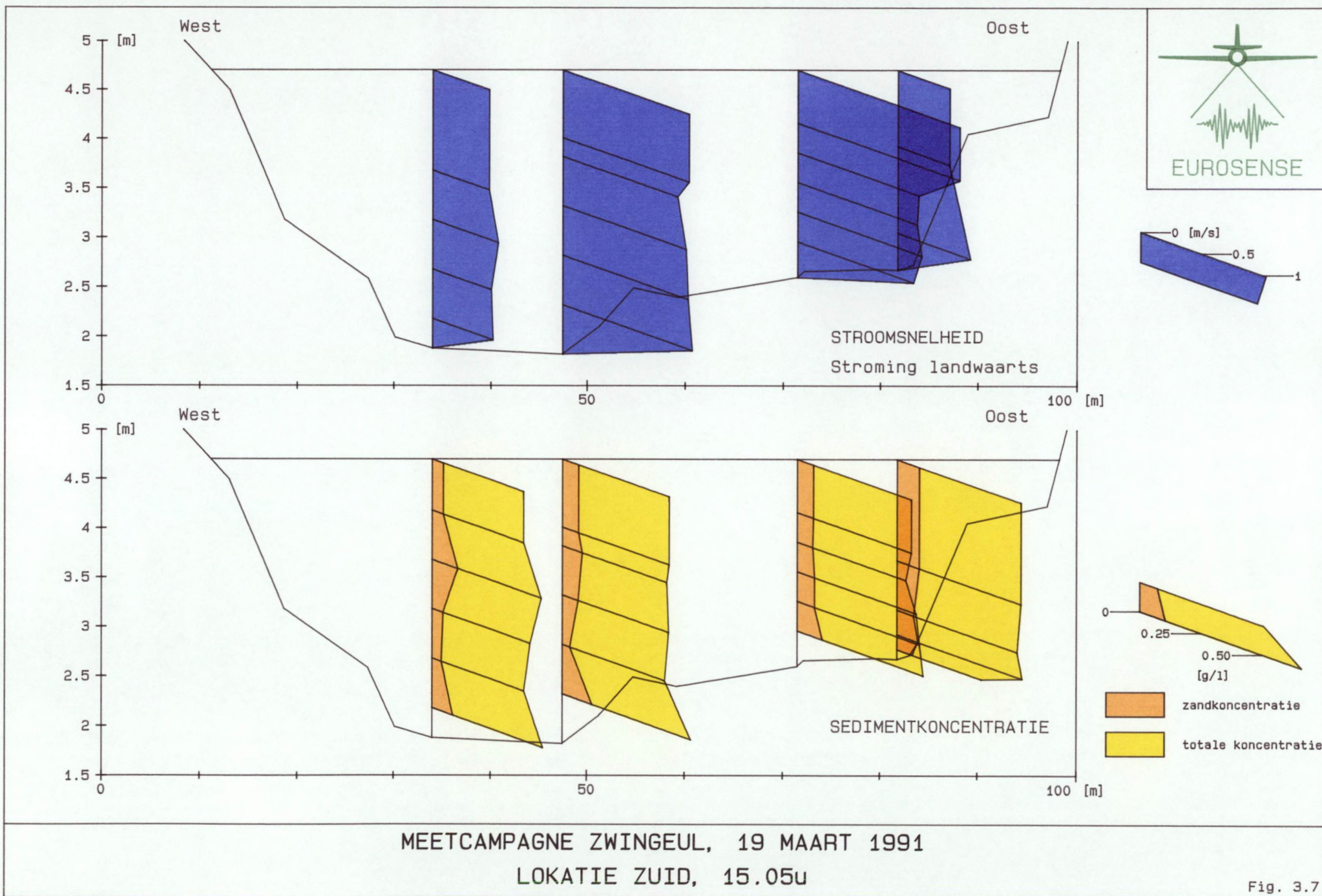
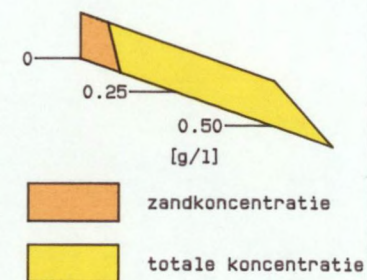
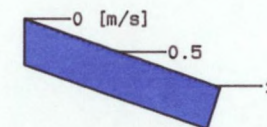
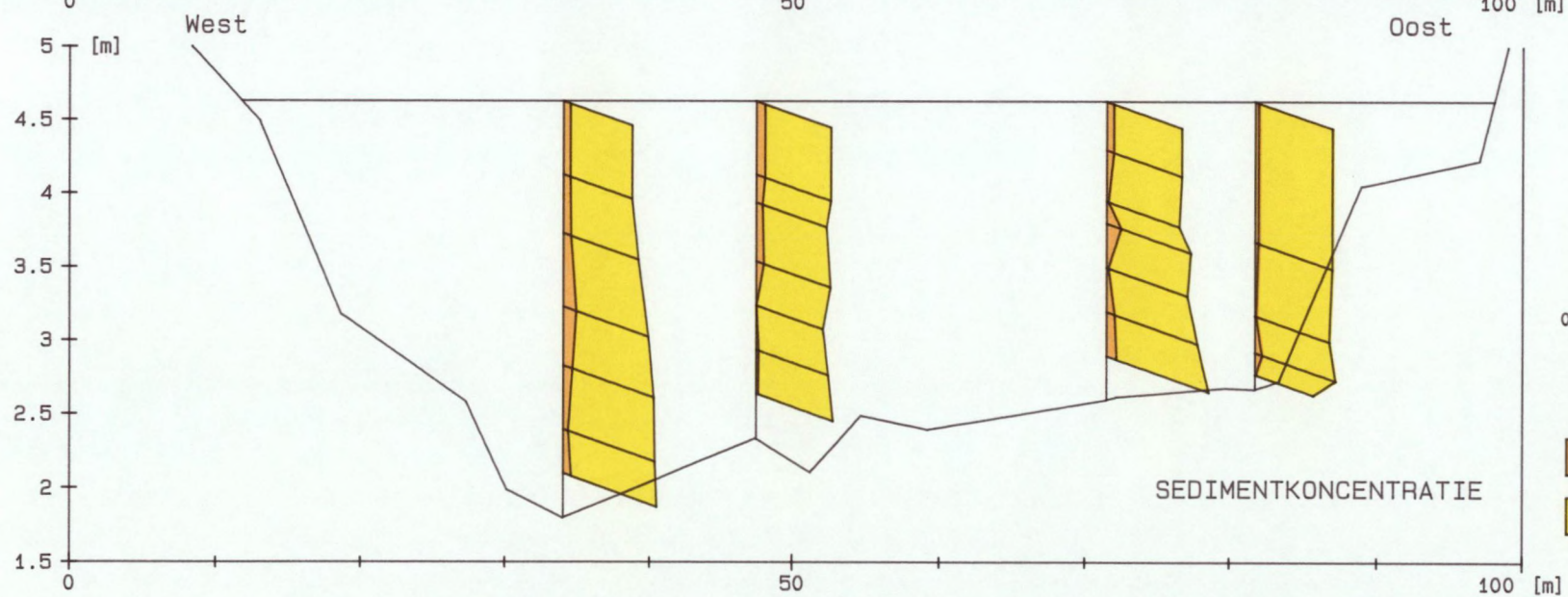
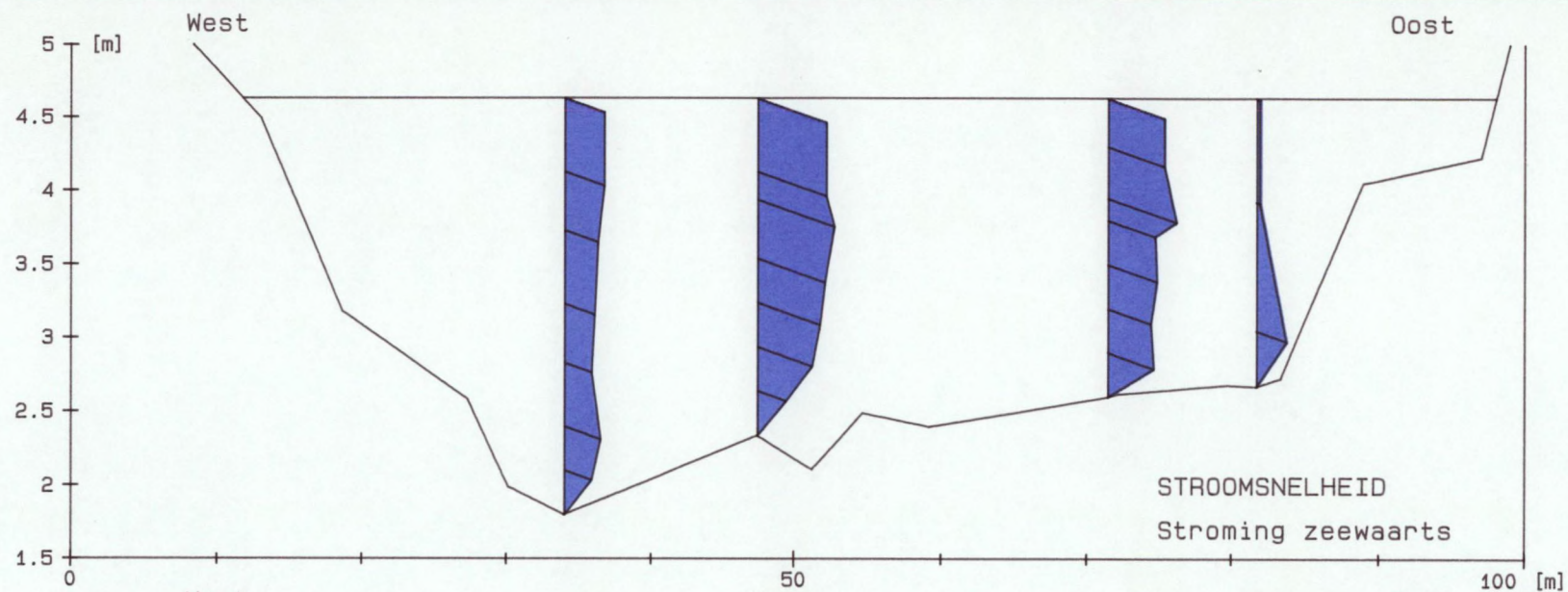


Fig. 3.7



MEETCAMPAGNE ZWINGEUL, 19 MAART 1991
LOKATIE ZUID, 15.55u

Fig. 3.8



Deze vaststelling geldt ook voor het staketsel Noord, waar nochtans waterstalen werden genomen tot dicht bij de bodem. Het typische suspensieprofiel, waarbij de concentratiewaarden geleidelijk en in stijgende mate oplopen met de diepte, om een maximum te bereiken nabij de bodem, werd slechts voor één meetvertikale teruggevonden (staketsel Noord, meetraai 16.15 u), op een ogenblik dat de stroomsnelheid gering is.

Hierbij aansluitend dient men op te merken dat de zandfractie, die bij de metingen 5 tot 15 % uitmaakt van het in de waterstalen aanwezige sediment, eveneens vrijwel homogeen aanwezig is over de waterkolom. Men kan stellen dat vertikaal verlopende suspensieprofielen samen gaan met een vertikaal konstant verdeelde zandconcentratie.

Gelijkaardige konklusies gelden voor de meetraai Zuid (fig. 3.7 en 3.8). Weliswaar is hier de variabiliteit van de stroomsnelheid veel beperkter, en dit feit kan men eveneens in verband brengen met de morfologie. De meetraai Zuid bevindt zich in een vrijwel rechtlijnig gedeelte van de Zwingeu (zie fig. 3.1). Theoretisch kan men hier relatief kleine stromingsvariaties verwachten in de richting loodrecht op de stromingsrichting. De metingen tonen alleszins beperkte variaties in de dwarsrichting.

Bij de meetraai van 15.55 u is de stroomsnelheid vrijwel nul. Er was reeds een zwakke stroming zeewaarts.

Voor de suspensiemetingen gelden dezelfde opmerkingen als in de raai Noord. De concentraties zijn hoger bij de hogere snelheden van de eerste meetraai (15.05 u), en het aandeel van de zandfractie is dan ook procentueel groter.

3.5.4. Debiet en sedimenttransport in de Zwingeu

In tabel 3.10 vindt men de debieten en sedimenttransporten, berekend op de wijze van par. 3.4, voor de uitgevoerde meetraaien. Men stelt vast dat, op vergelijkbare tijdstippen, zowel het debiet, de stroomsektie, de gemiddelde stroomsnelheid als het totaal sedimenttransport groter zijn in de meetraai Noord dan in de meetraai Zuid. De waarden voor het gemiddeld sedimenttransport (sedimenttransport per m^2 dwarssektie) en de gemiddelde sedimentconcentratie zijn echter vergelijkbaar.

De metingen zijn in aantal onvoldoende om een sedimentbudget op te stellen voor de Zwingeu.

Meetcampagne Zwingeul 19.03.91

Debiet en sedimenttransport van de Zwingeul
Berekend op basis van topografische opnamen,
stroomsnelheidsmetingen en metingen van suspensiekoncentraties
uitgevoerd op de lokaties Noord en Zuid.

RAAI	UUR	DEBIET	STROOM-SEKTIE	GEMIDDELTE SNELHEID	TOTAAL SEDIMENT-TRANSPORT	GEMIDDELT SEDIMENT-TRANSPORT	GEMIDDELTE SEDIMENT-KONCENTRATIE	AANTAL SNELHEIDS-METINGEN	STROOM-RICHTING
	[wintertijd]	[m ³ /s]	[m ²]	[m/s]	[kg/s]	[kg/m ² s]	[kg/m ³]		
NOORD	15.05 u	73,0	185,1	0,394	33,3	0,180	0,457	28	landwaarts
	15.40 u	62,8	210,9	0,298	25,5	0,121	0,406	29	landwaarts
	16.15 u	41,0	182,0	0,225	12,4	0,068	0,304	29	zeewaarts
ZUID	15.05 u	64,4	174,8	0,369	29,8	0,170	0,462	16	landwaarts
	15.55 u	17,6	158,2	0,111	3,8	0,024	0,216	20	zeewaarts

Opmerkingen

HW voorspeld te Zeebrugge om 15.19 u (4,89 m Z);
 HW gemeten in de Zwingeul (lokatie Noord) om 15.05 u (4,73 m Z);
 HW gemeten in de Zwingeul (lokatie Zuid) om 15.15 u (4,76 m Z).

Tabel 3.10

3.5.5. Het geïntegreerd bodemtransport

Het bodemtransport werd afgeleid met behulp van bezinkingsflessen, die waren opgesteld aan de voet van staketsels Noord en Zuid, en nabij boei 2 van de meetraai Noord. De opstellingsduur bedraagt twee volledige getijcycli (zie tabel 3.3). Tabel 3.11 vat de meetresultaten in verband met de bezinkingsflessen samen.

Lokatie	Oriëntatie flesopening	Kode	Interval [h]	Gehalte droge stof	Gewicht droog sediment
staketsel Noord	Landwaarts	Z/9	23.00	4,40 %	148,1 g
	Zeewaarts	Z/10	23.00	3,84	130,1
raai Noord, boei 2	Landwaarts	Z/6	24.30	3,41	114,9
	Zeewaarts	Z/5	24.30	10,09	346,6
staketsel Zuid	Landwaarts	Z/2	25.30	0,82	27,1
	Zeewaarts	Z/1	25.30	1,63	54,0

Tabel 3.11. Werkingsinterval en hoeveelheden opgevangen door de bodemtransport-bemonsteringsflessen tijdens de meetcampagne in de Zwingel, 19 maart 1991. Oriëntatie flesopening landwaarts betekent dat de stroming gericht van de Zwinvlakte naar de open zee vrij de fles kan binnenstromen.

Men stelt vast dat op de lokaties raai Noord (boei 2) en staketsel Zuid de hoeveelheid bodemtransport groter was in de stromingsrichting van zee naar land dan van land naar zee. Op de lokatie staketsel Noord was het zeewaartse bodemtransport groter dan het landwaartse, maar niet in beduidende mate. In absolute termen gesproken is het bodemtransport het grootst op de lokatie raai Noord (boei 2) en het kleinst op de lokatie staketsel Zuid.

In tabel 3.12 wordt de granulometrische samenstelling van het opgevangen sediment weergegeven aan de hand van enkele korrelgrootteparameters, terwijl de granulometrische kurve van de stalen zijn opgenomen in de fig. 3.9 t/m 3.11.

Uit deze tabel blijkt een systematische samenhang met de opgevangen hoeveelheden. De samenhang laat zich als volgt samenvatten :



Lokatie	Oriëntatie flesopening	Kode	Mediane korrelgrootte [μm]	Spreiding (in φ)	Slibgehalte [%]	Organische stof [%]
staketsel Noord	LW	Z/9	139	2,68	31,5	1,6
	ZW	Z/10	155	2,25	26,4	1,2
raai Noord, boei 2	LW	Z/6	303	1,06	12,1	0,4
	ZW	Z/5	316	0,60	4,8	0,2
staketsel Zuid	LW	Z/2	12	2,66	87,3	4,1
	ZW	Z/1	35	3,41	56,0	2,6

Tabel 3.12. Materiaal opgevangen in de bodemtransport-bemonsteringsflessen tijdens de meetcampagne in de Zwingeu, 19 maart 1991. Sedimentologische parameters. LW = oriëntatie flesopening landwaarts; ZW = oriëntatie flesopening zeewaarts.

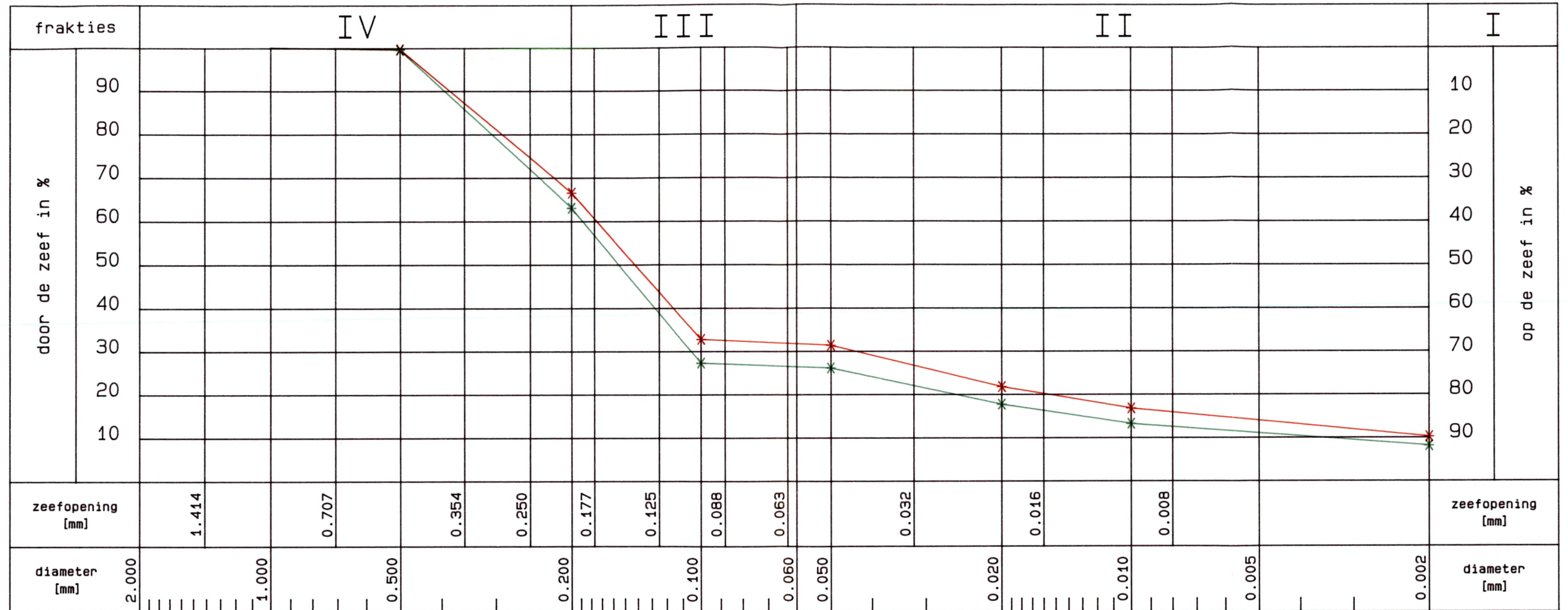
- hoe meer sediment in een bezinkingsfles wordt opgevangen, hoe grover het sediment; m.a.w. hoe groter het bodemtransport, hoe grover het sediment.
- het gehalte organisch materiaal is groter wanneer het slibgehalte groter is, m.a.w. het organisch materiaal is verbonden met de slibfractie.

De variatie in bodemtransport, op de aangegeven lokaties geïntegreerd gemeten over twee getijcycli, is in sterke mate in verband te brengen met de morfologie van de Zwingeu (zie fig. 3.1) en de gemeten stroomsnelheden :

- het staketsel Noord bevond zich tijdens de meetcampagne in een kronkel van de Zwingeu, die in toenemende mate door een strandwal wordt "afgedamd". Bij hoogwater ligt de as van de geul meer naar het oosten, nabij de boei 2. Precies hier worden grote hoeveelheden geïntegreerd bodemtransport waargenomen, en hier is het bodemtransport het zandigst.
- het staketsel Zuid was opgesteld in de ondiepere en minder brede oostelijke geul van de complexe Zwingeu bedding (bij de meetraai Zuid kent de Zwingeu twee vrijwel parallelle geulen, gescheiden door een lage zandplaat, zie fig. 3.1). In deze oostelijke geul werden relatief lage stroomsnelheden gemeten. De bodem van de geul is bedekt met een sliblaag.

Besluitend kan men stellen dat de morfologische gesteldheid van de Zwingeu en de aard van de beddingsmorfologie reeds een eerste, belangrijke indicatie kan verstrekken over de grootte van het bodemtransport. Daarenboven wezen de metingen uit dat er (tenminste op de meetlokaties) meer se-

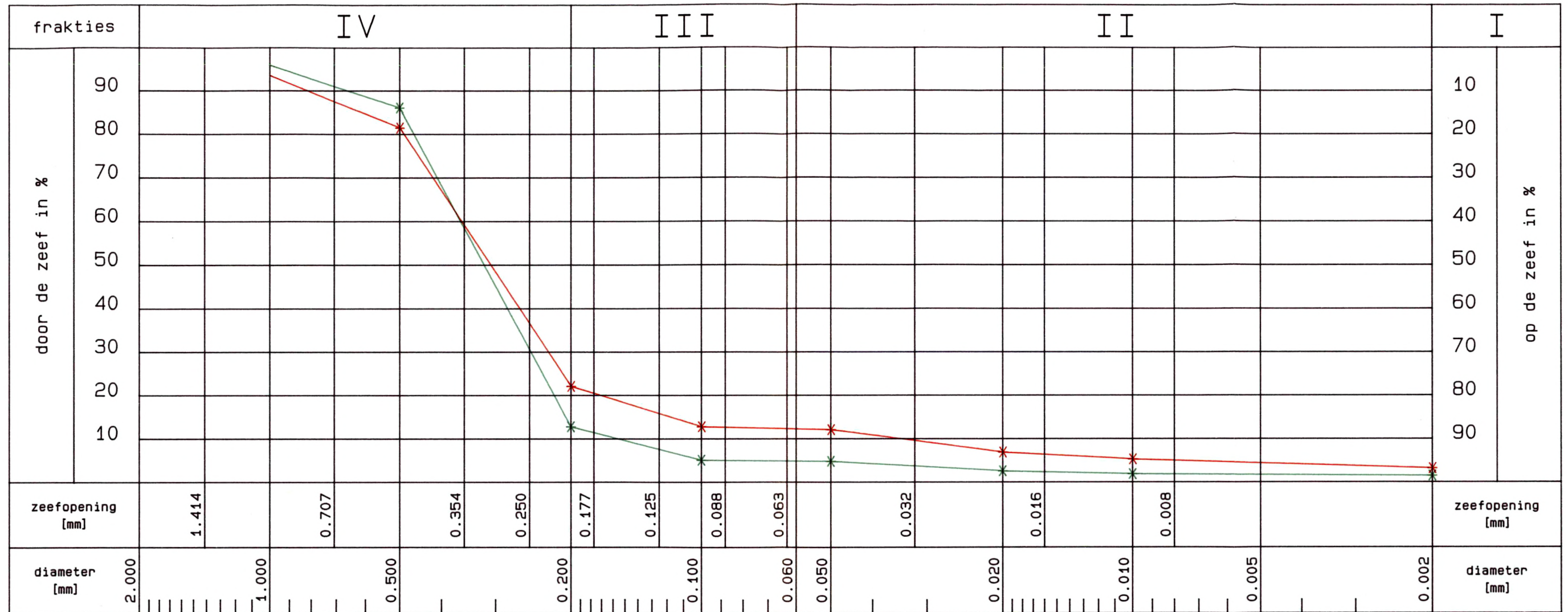
KORREL VERDELINGSDIAGRAM



herkomst & kenmerk	monsternr.	grondsoort	korrelsamenstelling fractie					slibgehalte < 0.063 mm	vloeigrens	uitrolgrens	plastischeits- index	humusgehalte	kalkgehalte	klassifikatie Casagrande	aktiviteitsindex	opmerkingen
			>IV	IV	III	II	I									
			%	%	%	%	%									
Staketset Noord Bodemtransportmonsters Meetcampagne 19-03-1991	fles Z/10															Inlaat zeewaarts
	fles Z/9															Inlaat landwaarts

fig. 3.9

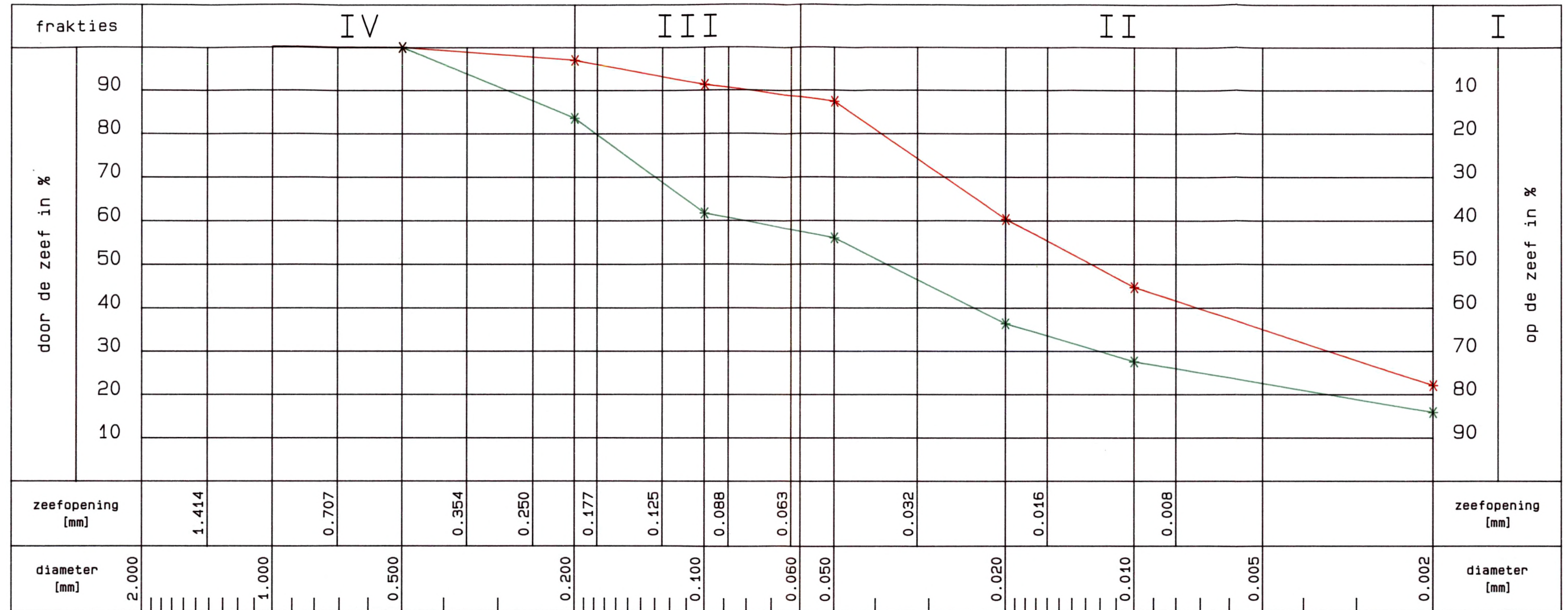
KORREL VERDELINGSDIAGRAM



herkomst & kenmerk	monsternr.	grondsoort	korrelsamenstelling fraktie					slibgehalte < 0.063 mm	vloei grens	uitrolgrens	plastische index	humusgehalte	kalkgehalte	klassifikatie Casagrande	aktiviteitsindex	opmerkingen
			>IV	IV	III	II	I									
			%	%	%	%	%									
Raai Noord, boei 2 Bodemtransportmonsters	fles Z/5															Inlaat zeewaarts
	fles Z/6															Inlaat landwaarts

fig. 3.10

KORREL VERDELINGSDIAGRAM



herkomst & kenmerk	monsternr.	grondsoort	korrelsamenstelling fraktie					slibgehalte < 0.063 mm	vloeiigrens	uitroigrens	plasticiteits-index	humusgehalte	kalkgehalte	klassifikatie Casagrande	aktiviteitsindex	opmerkingen
			>IV	IV	III	II	I									
			%	%	%	%	%									
Staketsel Zuid Bodemtransportmonsters Meetcampagne 19-03-1991	fles Z/1															Inlaat zeewaarts
	fles Z/2															Inlaat landwaarts

fig. 3.11



diment het Zwin binnenkomt dan eruitgaat, en dat dit sediment zandiger is dan dat van het zeewaartse transport.

3.6. SAMENVATTING EN BESLUIT

Op 19 maart 1991 werden volgens twee raaien loodrecht op de Zwingeuul sediment- en watersnelheidsmetingen uitgevoerd. Er werden op diverse meetpunten van de raaien gelijktijdig stroomsnelheidsmetingen, metingen van de waterhoogte en metingen van de suspensiekoncentratie in de waterkolom uitgevoerd. Op verschillende tijdstippen in het getij werd aldus vrijwel simultaan informatie over een volledige dwarsraai ingewonnen. Bovendien werden metingen uitgevoerd voor het bepalen van het integraal land- en zeewaarts bodemtransport over een periode van twee getijcycli.

Zowel op de meetraai Noord als Zuid werden de maximaal waargenomen stroomsnelheden geregistreerd onmiddellijk bij het opkomen van het water in de geul. Ruim een uur na de vloed-snelheidspiek valt de stroming vrijwel op nul; dit is het ogenblik van de kentering. De snelheden van de ebstroom blijven merkkelijk lager dan deze waargenomen bij vloed.

De snelheidsmetingen in de raai Noord tonen een momentane ruimtelijke variatie, die in verband wordt gebracht met de complexe morfologie van de Zwingeuul. In dat opzicht leent de lokatie Zuid zich beter voor het uitvoeren van snelheidsmetingen. De suspensiekoncentraties variëren in de tijd (hogere concentraties worden waargenomen bij hogere watersnelheden), maar de analyse van de waterstalen toont een merkwaardige homogeniteit van de suspensiekoncentraties op een gegeven tijdstip. Hierbij aansluitend wordt opgemerkt dat de zandfractie, die bij de metingen 5 tot 15 % uitmaakt van het in de waterstalen aanwezige sediment, eveneens vrijwel homogeen aanwezig is over de waterkolom. Toch blijven, gezien de afmetingen en de aangetroffen ruimtelijke variaties, een groot aantal gelijktijdig uitgevoerde metingen noodzakelijk om relevante waarden te bekomen voor het sedimenttransport in de Zwingeuul.

Voor de uitgevoerde meetraaien werd het totaal debiet en sedimenttransport berekend. Op vergelijkbare tijdstippen, zijn zowel debiet, stroomsektie, gemiddelde stroomsnelheid als totaal sedimenttransport groter in de meetraai Noord dan in de meetraai Zuid. De waarden voor het gemiddeld sediment-

transport (sedimenttransport per m^2 dwarssectie) en de gemiddelde sedimentconcentratie zijn echter vergelijkbaar.

De metingen van het bodemtransport wijzen uit dat het transport groter is in het midden van de Zwingel, dan in de sekundaire geulen langs de rand van de bedding. Bovendien wijst de granulometrische analyse van het in de bezinkingsflessen opgevangen sediment uit dat het materiaal grofkorreliger is wanneer het bodemtransport groter is. Tenminste op de punten waar het bodemtransport werd gemeten, komt er via bodemtransport meer sediment het Zwin binnen dan dat er uitgaat, en het landwaarts verplaatste sediment is zandiger dan dat van het zeewaartse transport.

Bij een volgende meetcampagne in de Zwingel dient men rekening te houden met deze aanbevelingen :

- stroomsnelheids- en suspensiekoncentratiemetingen ten behoeve van het bepalen van debiet en totaal sedimenttransport worden het best uitgevoerd ter hoogte van de meetraai Zuid, waar de Zwingel een rechtlijnig verloop heeft met een relatief gelijkmatige beddingsmorfologie;
- een groter aantal volledige raaimetingen, in de tijd gespreid over een getijdencyclus, zullen toelaten een sedimentbudget op te stellen voor de Zwingel.

DIFFERENTIËLE HOOGTEKAART
VAN HET NATUURRESERVAAT
"HET ZWIN"

ADMINISTRATIE WATERINFRASTRUCTUUR
EN ZEEWEZEN
DIENST DER KUSTHAVENS



Evolutie tussen 1987 en 1989

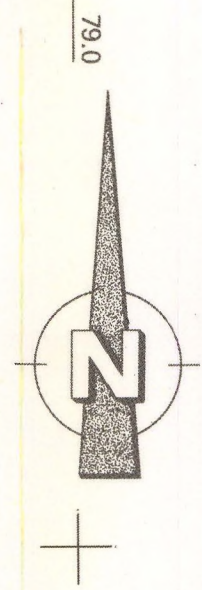
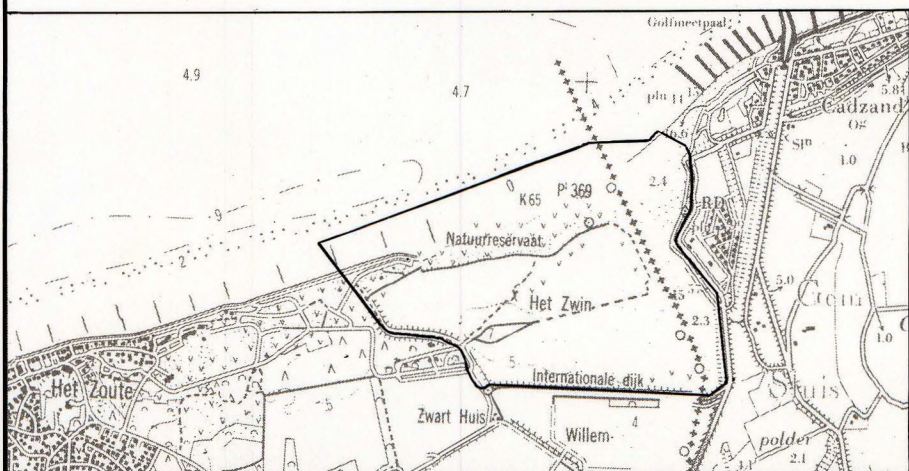
Schaal 1/3 000

0 150 m

Coördinatenstelsel: LAMBERT'72

EUROSENSE BELFOTOP N.V.
Nervierslaan 54
B-1780 WEMMEL-BELGIUM
Tel.: + 32 (0)2 460 70 00
Telex: 26687
Fax: + 32 (0)2 460 49 58

EUROSENSE



BELGIË

NOORDZEE

CADZAND

NEDERLAND

SLUIS

KNOKKE-HEIST

INTERNATIONALE DIJK

LEGENDE

